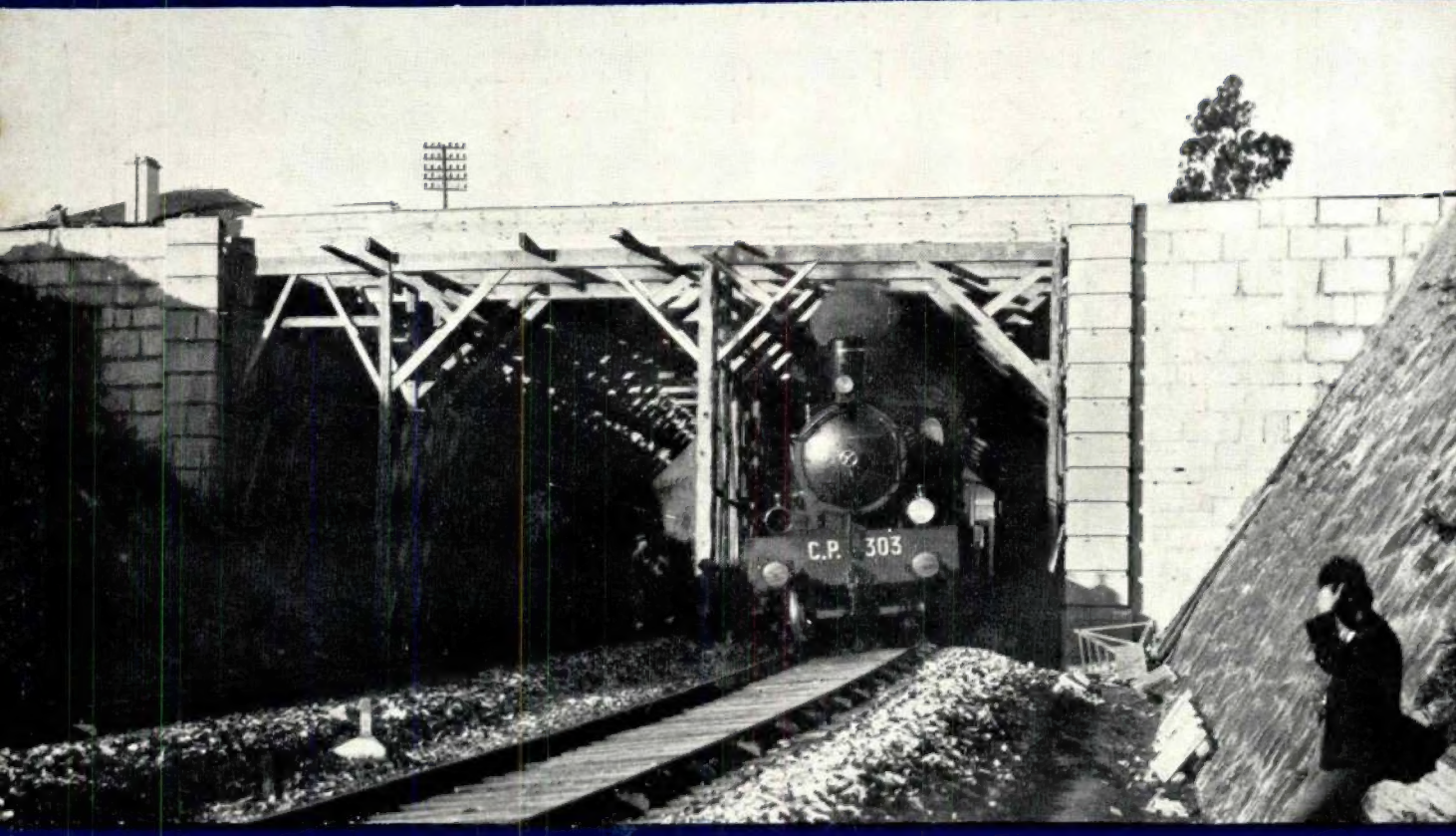
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 112-Junho-1940

"LUSALITE"

fibro-cimento nacional

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 2091 — 2 2092 — 2 2093 — **LISBOA** — Telegramas: **Lusalite**

Barricas de 180 kilos

Sacos de juta de 50 kilos

Sacos de papel de 50 kilos

Sede: Rua do Caes de Santarem, 64, 1.º — LISBOA
Filial do Norte: Rua Formosa, 297, 1.º — PORTO

AGÊNCIAS EM TODO O PAÍS

NÚMERO
112
Junho—1940

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
MANUEL DUARTE GASPAR
ADMINISTRADOR
CARLOS KRUS ABECASIS
BIBLIOTECÁRIO
NUNO ABRANTES
CORPO REDACTORIAL
SEBASTIÃO MURTEIRA
FRANCISCO MARQUES MAIA
VASCO MENDES DE SOUSA

NÚMERO AVULSO..... 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	12$00	23$00	44$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	30$00	55$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

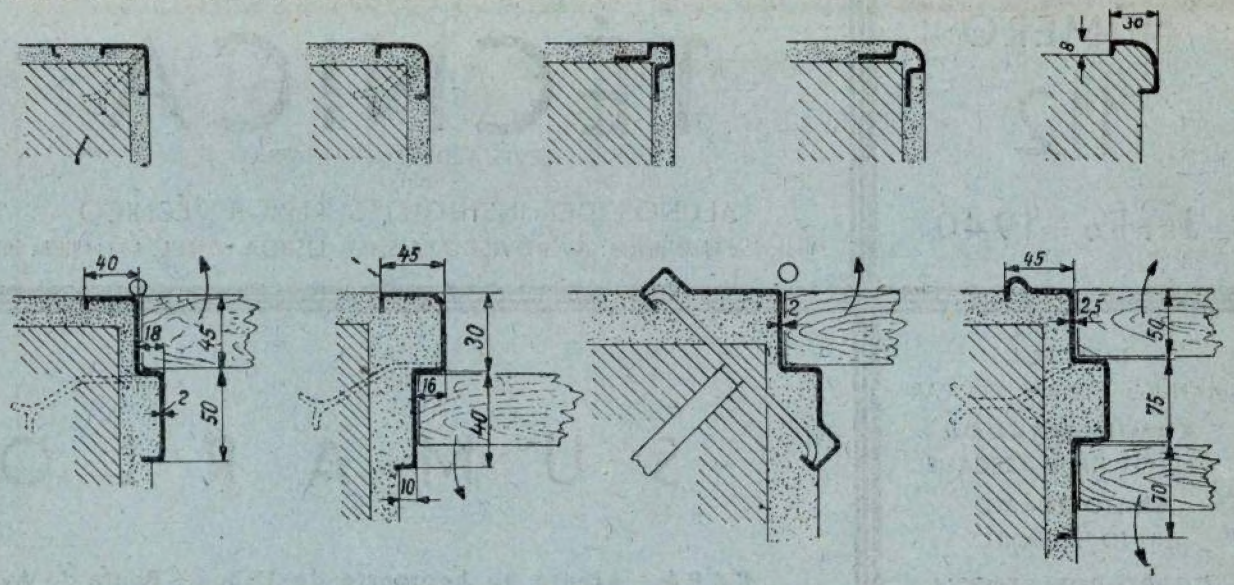
COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Acesso ao Aeroporto de Lisboa — Ponte da Avenida Almirante Reis sôbre a linha de caminho de ferro.

		Págs
Affermazioni dell'industria elettrotecnica italiana	Prof. Ing. Dott. Basilio Focaccia	771
Os aquedutos que abastecem Lisboa	Eng. Civil I. S. T. João Carlos Alves	785
Dos métodos de medida de potência e energia eléctrica activa e reactiva	Eng. Electrotécnico I. S. T. Benjamim da Conceição Mendonça	790
Cálculo duma caldeira de vapor	José Faria da Fonseca Santos	818
Vida Escolar e Associativa . .	. . . . .	828
Notas Bibliográficas	. . . . .	829
Publicações recebidas	. . . . .	829

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Publicações da TÉCNICA

Modernas Concepções da Mecânica
Prof. MIRA FERNANDES

Viga de Comprimento finito assente sôbre terreno elástico
Prof. G. MAGNEL

Tabelas de Resistência de Materiais
Prof. VICENTE FERREIRA

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado
Eng. VASCO COSTA

Regulamento do Betão Armado
(1929)

Regulamento de Pontes Metálicas
(1935)

A venda na redacção da TÉCNICA

Granulados de mármores
para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN

Rua D. Estefania, 42
Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:
GALERIA DE PARIS, 42
TELEFONE 2254

— Uma —
Impermeabilização
perfeita
obtem-se com

SIKA

nas construções urbanas, industriais
e obras hidráulicas

SUPRIME HUMIDADES
EVITA INFILTRAÇÕES

FABRICANTES:
KASPAR WINKLER & C.º
Zürich — Altstetten (Suissa)

AGENTE-DEPOSITÁRIO EM PORTUGAL:
CARLOS ABREU BAPTISTA
Rua da Emenda, 111, 1.º — LISBOA
Telefone 2 6902

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 2 0879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

Standard Electrica

RECTIFICADORES DE SELENIO

Rectificadores secos de tôdas as voltagens e amperagens, para tôdas as aplicações. São anti-parasitários e de duração ilimitada. Absolutamente silenciosos, não têm partes móveis e não carecem de qualquer assistência. Ocupam um espaço muito reduzido sendo a sua eficiência superior à dos outros tipos de rectificadores existentes.

PEDIDOS E ESCLARECIMENTOS A:

STANDARD ELECTRICA
PRAÇA DOS RESTAURADORES, 47, 1.º — LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

Rua Duque de Loulé, 240
PORTO
Telef. 2 830 P. B. X. e 90 Est.

CAPITAL { Acções . . . . **40.000 contos**
Obrigações . . . **25.000 contos**

ELECTRICIDADE DO LINDOSO

FORÇA { instalada { hidráulica . **40.000** CV
térmica (reserva) **22.000** CV
já contratada . . . . . **30.000** CV
disponível . . . . . **10.000** CV

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU e de LEIRIA, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.000 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LOGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a U. E. P. e consumir a energia do Lindoso é proveitoso negócio

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

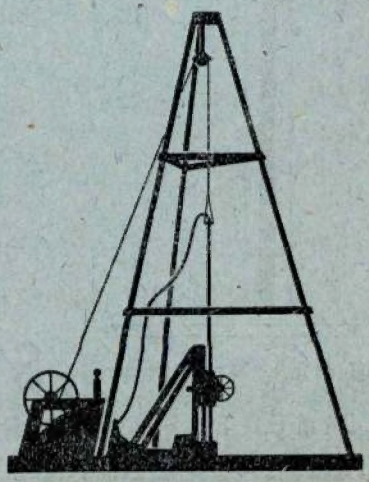
COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «**cement gun**»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

TÉCNICA
MANUEL DUARTE GASPAR
DIRECTOR

ANO XV - N.° 112 JUNHO 1940

AFFERMAZIONI DELL'INDUSTRIA ELETTROTECNICA ITALIANA

PELO PROF. ING. DOTT. BASILIO FOCACCIA
Direttore dell'Istituto Elettrotecnico della R. Università di Roma

(Conferenza tenuta presso l'Istituto Superiore Tecnico di Lisbona il 15 Aprile 1940 e la Facoltá di Ingegneria della Universitá di Porto il 23 Aprile 1940).

Sarebbe mio desiderio fare un quadro completo delle attività italiane svolte nel campo elettrotecnico, ma ciò va oltre i limiti imposti a questa conversazione, in dipendenza della vastità della materia da trattare e della brevità del tempo a disposizione. Se voi pensate che sarebbe interessante considerare il campo costruttivo delle machine e delle apparecchiature, gli impianti di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia, le diverse applicazioni, come la trazione, l'illuminazione, la telegrafia, telefonia con e senza filo, l'elettrochimica, l'elettrotermica, l'elettrofisica, l'elettroacustica, etc., potrete con benevolenza giustificare le necessarie lacune, cui andrò inevitabilmente incontro in questa rassegna.

Non potendo, dunque, nemmeno lontanamente pensare di prendere in esame, sia pure in rapide sintesi, tutto ciò che si sta facendo ora in questa campo nel mio Paese, cercherò di sottoporre alla vostra benevole attenzione alcune importanti affermazioni, che ritengo degne di rilievo.

1.° — Costruzione di macchinario

Nel campo della costruzione dei generatori, dei trasformatori, dei convertitori statici e rotanti, delle apparecchiature di controllo e di misura, di qualunque tipo di macchinario e di apparecchio utilizzatore, l'industria italiana ha fatto così grandi progressi in quest'ultimo decennio da svincolarsi completamente da quella straniera. Sono stati costruiti alternatori di diverse decine di migliaia di kVA e, attualmente, sono in avanzata costruzione, alternatori da 100.000 HP. — Nell'anno 1938 il trasformatore a tre avvolgimenti più grande di Europa (52.000 kVA, 220 kV) fu calcolato, progettato e costruito da ingegneri italiani, come pure furono costruiti trasformatori con liquido dielettrico ininfiammabile e inesplosivo (trasformatori in apirolio). Si costruiscono convertitori di frequenza per il travaso, in entrambi i sensi, di potenze attive e reattive di decine di migliaia di kVA regolabili a mano o automaticamente, in

funzione della frequenza differenziale, della tensione o del fattore di potenza delle reti collegate a frequanza diversa; si costruiscono raddrizzatori e invertitori delle maggiori potenze finora raggiunte, anche del tipo più moderno con raffreddamento ad aria; vengono progettate e costruite quelle che debbono, alla stato attuale della tecnica costruttiva, considerarsi come le macchine elettriche più complesse, sia dal punto di vista concettuale che di realizzazione: intendo riferirmi alle *metadinamo Pestarini.*

Numerosissimi sono, invero, gli esemplari di questo interessante tipo di macchina, sia metageneratrici, che metatrasformatrici e metamotrici, forniti in questi ultimi cinque anni da una nota Ditta italiana alla R. Marina per le applicazioni più varie e complesse.

Nel campo delle apparecchiature di controllo, deve mettersi in rilievo che le fabbriche italiane sono in grado di costruire interruttori per qualunque tensione e qualunque potenza di rottura, dei tipi più moderni come quelli ad olio ridotto e ad aria compressa. Questi ultimi interruttori, altrimenti denominati *pneumatici,* devono qui essere messi in particolare rilievo, per il fatto che essi permettono di interrompere il circuito in un tempo brevissimo (dell'ordine di 15/1000 di secondo) e ben a ragione possono quindi essere denominati *ultrarapidi,* non risultando, dalla letteratura tecnica, che siano stati raggiunti, con altre costruzioni, tempi cosi ridotti. Gli interruttori pneumatici ultrarapidi possono, pertanto, concorrere efficacemente a risolvere il problema della stabilità, delle reti ed a quello della reinserzione automatica. Alcune ditte italiane costruiscono normalmente questo modernissimo e fondamentale organo di controllo delle istallazioni electriche, sia per impianti al chiuso che all'aperto, avendo l'esperienza ormai sanzionato che gli interrutori pneumatici sono in grado di funzionare in qualsiasi condizione atmosferica. Non è il caso di soffermarei a parlare delle possibilità di costruzione di macchinari ed apparecchiature di qualunque tipo e potenza nel campo della utilizzazione dell'energia elettrica. Macchine complesse per trazione e propulsione per argani e grue; macchine per comando di laminatoi, per filatura, e per telai; machine per comando di sonde petrolifere e per l'esercizio elettrico delle fabbriche di cemento; macchine atte, insomma, a compiere le operazioni più delicate e complesse, sono normalmente costruite dalle mostre fabbriche. Nel campo dell'elettrotecnica l'Italia trovasi sicura-

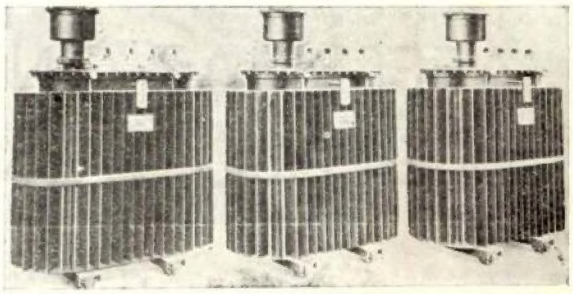


Fig. 1 — Trasformatori in apirolio

mente in prima linea, per il fatto che essa, in dipendenza delle necessità autarchiche di utilizzare quanto più e meglio è possibile l'energia idrica disponibile, ha dovuto affrontare e risolvere i più svariati problemi di trasformazioni dell'energia elettrica in calore. Grandi generatori elettrice di acqua calda per usi civili e industriali; forni elettrici a induzione, a resistenza, per riscaldo, per riduzione, aperti, chiusi, a tunnel, a vasca, per corrente monofase, trifase, continua, atti per l'esercizio delle industrie più svariate, da quella grandiosa per la produzione dell'alluminio a quella mettallurgica (riscaldo, fusione, tempera, zincatura, piombatura, stagnatura, trattamento in bagno di piombo), a quella della ceramica industrialle ed artistica; macchine a saldare di ogni tipo, etc.; sono comunemente messe a disposizione dall'industria nazionale.

Prima di terminare questo rapido cenno sulla possibilità costruttive italiane nel campo elettrotecnico è necessario che ribadisca l'importante concetto già sfiorato relativo alla realtà concreta che la maggior parte delle industrie precitate non escluse alcune per la costruzione del grosso macchi-

nario, sono completamente indipendenti dall'estero, sia dal punto di vista tecnico che economico. Non è chi non veda di quale importanza sia per un Paese la fondamentale caratteristica dell'autonomia tecnico-economica. Il fatto che tutte le apparecchiature e tutti i macchinari fabbricati siano calcolati, progettati, disegnati da ingegneri e da tecnici nazionali, senza alcun lume o sussidio straniero, porta a quello stato di indipendenza che, per un Paese di grandi aspirazioni, assume fondamentale importanza politico-economica.

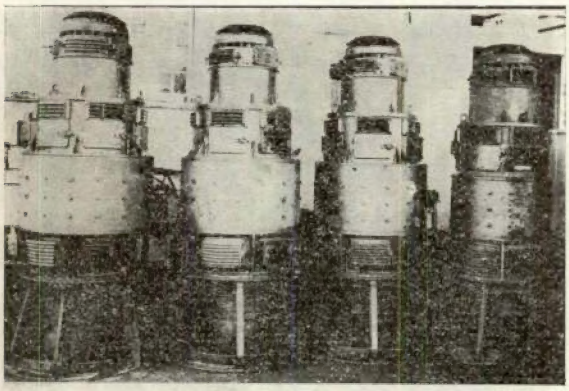


Fig. 2 — Metatrasformatrici

Perchè un Paese possa veramente allargare la sua potenza e la sua influenza nel mondo, possa veramente avviarsi a diventare in realtà potenza imperiale e mondiale, è necessario che esso, prima di tutto, realizzi la sua indipendenza tecnica e finanziaria. Ed è nel campo industriale delle costruzioni elettromeccaniche che un popolo ricco di uomini, di intelligenza, di sobrietà, di laboriosità, ma non di materie prime, deve energicamente e consapevolmente puntare. E cioè per due distinti ed evidenti motivi: in primo luogo perchè il campo delle possibilità è sconfinato, bastando solamente pensare che l'elettrificazione del mondo, nel senso più lato, è ancora ai primordi; e, secondariamente, perchè le costruzioni elettromeccaniche, per la loro natura molto elaborate e complesse, coinvolgono quote molto elevate di intelligente prestazione umana.

2.° — Produzione di energia

Come già si è detto, non è nemmeno lontanamente possibile di sfiorare un argomento di cosi vasta portata. Se ricordiamo che in Italia tra centrali piccole, medie e grandi, termiche, geotermiche, idrauliche (a deflusso o a serbatoio, con le più svariate e complesse forme di diagrammi di regolazione e di utilizzazione); all'aperto, sotterranee o in caverna; a regolazione manuale, semiautomatiche o automatiche; insomma tra centrali di ogni tipo e grandezza, sparse in ogni punto della penisola, se ne possono contare circa 5.000, per una potenza istallata di circa 10 milioni di kVA e per una produzione annua di ennergia che, a breve scadenza, raggiungerà la formidabile cifra di circa 20 miliardi di kWh; c'è materia sufficiente per convincersi che l'argomento non può essere trattato in breve volgere di tempo.

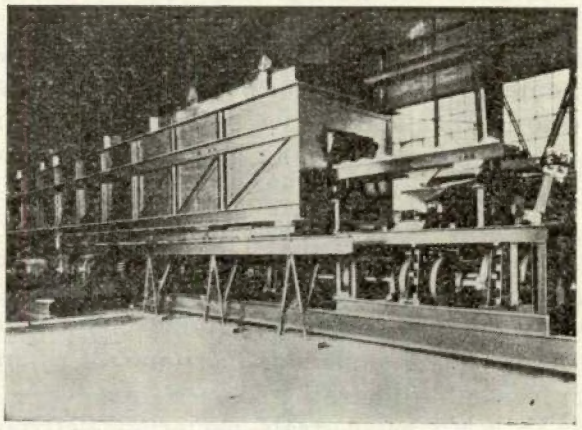


Fig. 3 — Forno elettrico per riscaldo lingotti di durallumínio

Mi limiterò quindi solo a ricordarvi qualche centro importante e caratteristico di produzione; come quelli delle centrali in caverna di Ponta Gardena e di Bressanone, quello sul fiume Vomano, e quello degli impianti geotermici di Larderello.

L'impianto idroelettrico di Ponte Gardena della Montecatini sul fiume Isarco, ha una potenza installata di 75.000 kVA e una produzione annua di energia de 230 mi-

lioni di kWh. Per farsi una idea della importanza di quest'opera, riportiamo, qui di seguito, alcuni fra i dati principali sul lavoro:

Scavo in roccia....	mc.	400.000
Calcestruzzo.....	mc.	122.000
Cemento.....	ql.	295.000
Ferro.....	ql.	30.000
Giornate di lavoro.		1.500.000

L'impianto di Bressanone, costruito anche sul fiume Isarco dalla Montecatini per conto delle F. S., è ancora più importante in quanto ha una potenza installata di 173.600 HP., con una produzione annua di circa 450 milioni di kWh. Notiamo che questo impianto grandioso andrà in funzioni tra qualche mese, è completamente in caverna e costerà circa la metà di quello che è il prezzo medio normale per kWh degli impianti idrici nazionali.

Ancora piú grandiosi sono gli impianti che sta costruendo la Società Terni sul fiume Vomano; tra i quali occorre mettere in rilievo la centrale S. Giacomo, completamente in caverna, con pozzo verticale scavato in roccia di circa 600 metri e della potenza complessiva, ad impianto ultimato, di 600 mila HP.

Per quanto riguarda poi gli impianti geotermici di Larderello, dobbiamo dire che, in dipendenza degli sviluppi quasi imprevisti che essi hanno assunto e che vanno sempre più assumendo, meritano di essere brevemente illustrati.

Nella nuova centrale geotermo elettrica di Larderello sono attualmente installati quattro gruppi turbogeneratori eguali della potenza complessiva di 60 mila kVA. Sono in corso di installazione altri due gruppi della medesima potenza unitária (15 mila kVA) dei quali uno entrerà in funzione verso la fine del corrente anno e l'altro entro il primo semestre del 1941. I quattro gruppi funzionano inintterrotamente a piano carico e le Ferrovie dello Stato, uniche utilizzatrici, hanno potuto finora ritirare costantemente un quantitativo giornaliero di energia superiore al milione di kWh.

L'alimentazione delle turbine viene effettuata mediante vapore saturo e secco (*vapore secondario*) alla pressione di circa 2 atmosfere effettive, ottenuto in speciali caldaie (*trasformatori di vapore*) composte di une serie di tubi a serpentino nei quali circola cedendo calore, il vapore proveniente dai soffioni (*vapore primario*) che, normalmente, è alla pressione circa di 4 atmosfere effettive e alla temperatura di circa 200° C.

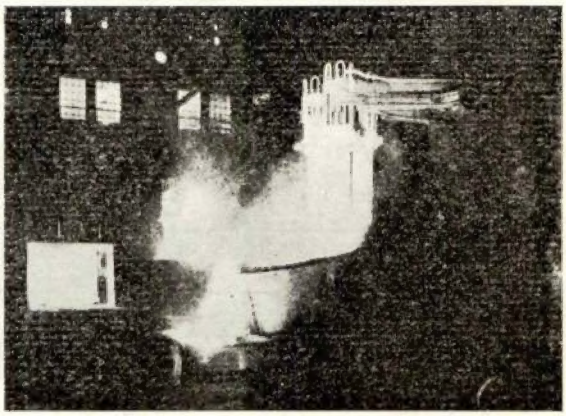


Fig. 4 — Forno elettrico trifase aperto

— L'acqua di condensazione del vapore dei soffioni (opportunamente depurato dalle acque boriche e ammoniacali che vengono utillizzati negli impianti chimici) ritorna in caldaia, dove serve per la produzione del vapore secondario. Per ogni kWh occorrono circa 12 kg. di vapore secondario, pari acirca 15 kg. di vapore dei soffioni. Oggi pertanto per il funzionamento dei quattro turbo-alternatori della nuova centrale vengono consumati circa 700.000 kg. di vapore primario all'ora, convogliati da nove soffioni ad un collettore dal quale si partono quattro trasformatori di vapore: ognuno di questi gruppi alimenta una turbina.

Il vapore attualmente utilizzato nella nuova centrale serve però anche alla concentrazione delle acque boriche e ammoniacali per la produzione dell'acido borico e dell'ammoniaca, giacchè soltanto da essa si ricavano giornalmente all'incirca 8 tonn. di acido borico e 1 tonn. di ammoniaca.

Oltre alla nuova centrale, sono in fun-

zione, nella zona di Larderello altre centrali geotermoelettriche nelle quali sono installati complessivamente circa 25 mila kVA di maccinario generatore, producenti giornalmente un quantitativo di energia di circa 400 mila kWh. Di questi circa 240 mila sono venduti alla Societa Elettrica Valdarno e i rimanenti vengono utilizzati per i vari servizi degli stabilimenti chimici e per la distribuzione a piccole utenze della zona

Attualmente è in corso di costruzione una nuova grande centrale geotermoelettrica a Castelnuovo, dove verranno installati cinque turboalternatori della potenza di 15 mila kVA ciascuno. Si prevede che questa centrale potrà entrare gradualmente in funzione nel 1941, cosicchè nel 1942 la produzione complessiva di energia elettrica delle varie centrali della società Larderello potrà certamente raggiungere annualmente il miliardo di kWh. Nel comtempo si sta studiando la realizzazione di nuovi impianti geotermoelettrici che permetteranno di portare la produzione elettrica annua dopo il 1942, verso i 2 miliardi di kWh.

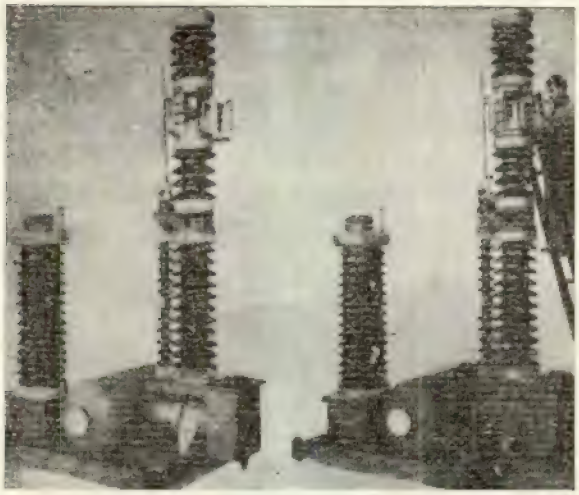


Fig. 5 — Interruttori unipolari pneumatici ultrapidi per esterno (150 kV, 630 A)

Allorchè saranno realizzati questi nuovi impianti, il vapore naturale dei soffioni di Larderello contribuirà naturalmente, spontaneamente, senza mai dare segni di stanchezza, ad arricchire il Paese di circa il 10 % dell'energia allora prodotta da tutte le altre centrali della penisola.

Il merito dello sviluppo assunto da questa grande impresa deve primiemente ricercarsi nella intelligente e lungimirante attività di quell'appassionato pioniere che fu il Principe Ginori Conti «Alla memoria di quest'uomo, recentemente scomparso, inviamo da questa Grande Terra amica un deferente saluto.

3.° — Trasporto dell'energia

Grandi progressi sono stati compiuti in Italia anche nel campo del trasporto dell'energia electtrica, sia per opera dei grandi aggruppamenti delle Società eletriche, sia delle diverse Ditte costruttrici dei materiali inerenti, sia, e principalmente, per opera delle Ferrovie delo Stato.

Il materiale conduttore delle grandi linee aeree è oramai sistematicamente l'alluminio-acciaio; come pure molto impiegato è l'alluminio per le condutture di qualunque tipo. Per i piloni di sostegno si adopera il ferro l'acciaio e il cemento armato centrifugato o vibrato. Mentre per i pali di ferro non si ha nulla di nuovo, giacchè per essi si adopera quasi normalmente il tipo a traliccio troncopiramidale, o a base larga a pianta quadrata del tipo americano; sono degni, invece, di particolare menzione i pali tubolari o anche a traliccio di cemento armato centrifugato con saldature nei giunti o quelli a traliccio di cemento armato vibrato, gettati direttamente in opera, a mezzo di speciali casseformi metaliche smontabili.

Le ferrovie dello Stato italiano, che hanno oramai una grande esperienza in merito, dato che oggi esse hanno in esercizio una rete di circa 8200 Km. di terna a 120 e 60 kV, sono all'avanguardia anche in questo campo, ed hanno allo studio un palo a traliccio tronco-piramidale con montanti di acciaio e tralicci di lega leggera e di ferro amogeneo, allo scopo di contribuire allo svolgimento del programma autarchico impartito dal Regime, in relazione dell'impiego delle leghe leggere di produzione nazionale.

Ma dove l'Italia si trova all'avanguardia in maniera decisa, è nel campo del tras-

porto di energia mediante cavi sotterranei e sottomarini. E'ben noto che in tutto il mondo il cavo Pirelli in olio fluido, per tensioni molto elevate è stato vittoriosamente impiegato per la costruzione di eletrodotti sotterranei. Dopo, la coraggiosa esperienza [1] fatta dalla Ditta Pirelli nela linea sperimentale in cavo ad olio fluido a 220 kV dela Società Idrolettrica Piemonte di Torino, la Ditta assunse tranquillamente la responsabilità di costruire numerosi impianti a tensioni cosi elevate, tra cui importante,

Fig. 6 — Ingresso della galleria di accesso alla centrale in caverna di Ponte Gardena

perchè rappresenta la prima grande linea in cavo a 220 kV, installata nel momdo [2], quello della società Parigina di Interconnessioni elettriche; la quale mise in opera in un primo tempo, una tratta di cavo di km. 18,6 che allaccia Clichy sous Bois a S. Denis e poi un'altra tratta di 9 km. per l'allacciamento della stazione di S. Denis alla centrale generatrice di Genevillers.

Impianti a tensioni elevate con cavo in olio fluido sono stati costruiti in Danimarca, Francia, Germania, Gran Brettagna, Olanda, Italia, Giappone, Manciùkuo, Sud-America, Svezia, Stati Uniti; e dappertutto i risultati sono stati ottimi sotto ogni riguardo, confermando pienamente i resultati teorici e sperimentali dell'inventore ing. Luigi Emannueli.

Desidero, inoltre, per terminare questo argomento, annunziarvi che è prossimo l'inizio dell'installazione in Italia della superlinea aerea dorsale nazionale, alla tensione di circa 300 kV, che avrà la lunghezza di circa 600 km con lo scopo di interconnettere tutti i grandi centri produttori di energia italiani. Sarà pure iniziato probabilmente entro questo stesso anno, il famoso elettrodotto in cavo sottomarino, in olio fluido, collegante la Sicilia al continente attraverso lo Stretto di Messina; e posso dirvi che gravi sono i problemi da risolvere per la realizzazione di questo originale, unico al mondo trasporto di energia.

4.° — Impianti di telecomunicazione

Le installazioni italiane di comunicazione elettriche a distanz sia con filo che senza filo, meritano un particolare cenno, a

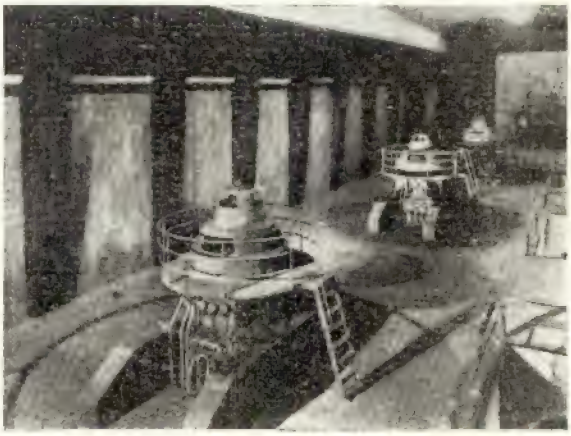


Fig. 7 — Sala delle macchine della centrale di Ponte Gardena

(1) L. Emannueli — Conférence International des Grands Réseaux Electriques à Haute tension. — Session 1933 — n. 49.

(2) L'Energia Elettrica — Gennaio 1937-XV.

causa dello sviluppo assunto in questo ultimo ventennio.

L'Italia che, nei regimi prefascisti, segnava il passo anche nel progresso telefonico, ed era relegata in coda alle statistiche, sotto il segno del Littorio prese vigorosamente ad avanzare, rimontando il distacco anche in questo campo. Fu il Governo Fascista ad adottare decisamente l'automatizzazione nei grandi centri (prima di allora solo timidamente sperimentata) e Costanzo Ciano fu colui che, unendo alla risolutezza del soldato la lungimirante visione dello statista, diede ai telefoni d'Italia l'impulso che li ha portati allo sviluppo attuale, non meta ma cammino infaticabile verso maggiori realizzazioni.

Nel 1925 il Ministro Ciano affidò, come è noto, a 5 grandi Società Concessionarie l'esercizio dei telefoni, riservando allo Stato il traffico interregionale e internazionale. L'Azienda di Stato per i servizi telefonici che, oltre al Servizio del traffico internazionale e interregionale, ha anche il compito di controllare, coordinare sovraintendere all'esercizio svolto dalle Concessionarie, aveva già nel 1938 una rete statale di 961 linee attive, con uno sviluppo complessivo di 258 mila km, di cui la parte in cavo rappresentava l' 84,3 °/₀ del totale. Ora la rete si è notevolmente ampliata.

Per dare una idea dell'importanza assunta da questo Servizio, si ricorda che il traffico interurbano, svoltosi complessivamente nella rete telefonica italiana statale e sociale, durante l'esercizio 1937-38, fu di 34.884.342 conversazioni, mentre quello internazionale fu di 1.711.518 conversazioni.

Per quanto riguarda le Società Concessionarie, diremo che tre di queste, la STIPEL (per il Piemonte e la Lombardia), la TELVE (per le tre Venezie), la TIMO (per l'Italia media e orientale), allo scopo di meglio potenziarne le rispettive attività, coordinandole in un armonico complesso, furono riunite sotto il controllo del grupo STET (Società Torinese Esercizi Telefonici), diretta emanazione dell'Istituto per la Ricostruzione Industriale. Le altre due concessionarie sono la TETI (Società Telefonica Tirrena) per la Liguria, la Toscana, il Lazio e la Sardegna, e la SET (Società Esercizi Telefonici) per il resto della Penisola e la Sicilia).

In 15 anni di lavoro, le Concessionarie hanno portato il numero degli utenti da 127 mila a quasi mezzo milione (quelli del Gruppo STET sono passati de 72 mila a 260 mila) e, procedendo com ritmo accelerato alla

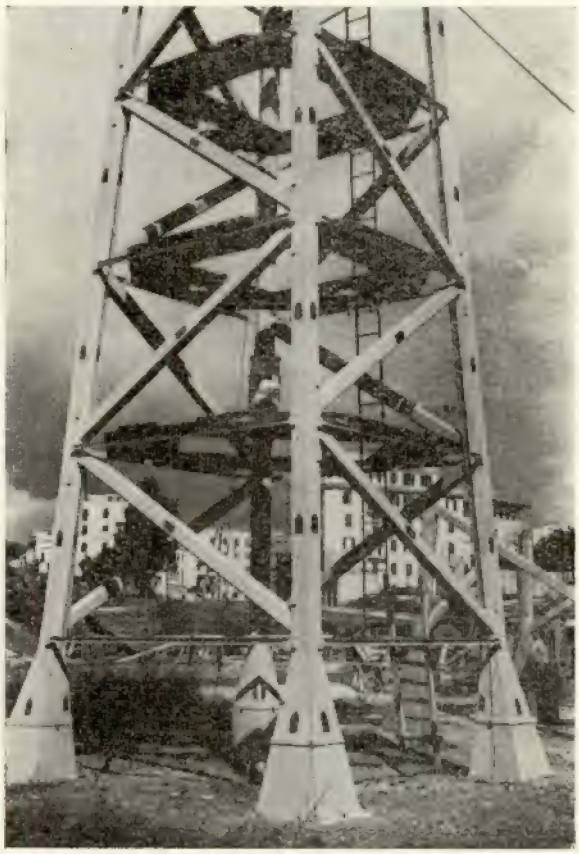


Fig. 8 — Costruzione della parte inferiori di un palo a traliccio vibrato

modernizzazione degli impianti, hanno portato l'Italia al secondo posto in Europa, per quanto riguarda la percentuale di telefoni automatici; ogni giorno, sui circuiti delle Concessionarie, si svolgono più di 80 mila conversazioni interurbane, di cui 50 mila su quelli del Gruppo STET, e lo sviluppo del traffico è in continua e rigogliosa ascesa.

Ma l'attività di un pubblico servizio cosi importante deve sopratutto inserirsi nel quadro delle supreme direttive nazionali, e di ciò ben conscie le Concessionarie italiane

hanno posto, in primo piano, ed iniziata la risoluzione, di quello che è uno dei problemi più difficili di tutte le amministrazioni telefoniche del mondo: diffondere il telefono nelle zonne rurali.

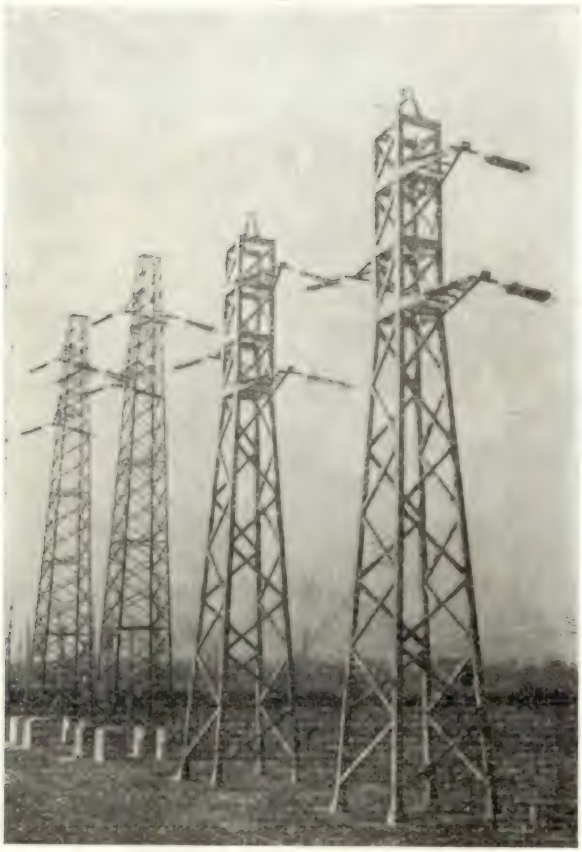


Fig. 9 — Pali vibrati in opera

E noto, infatti, che l'incremento telefonico, mentre si afferma nei centri urbani sotto la spinta degli interessi industriali e comerciali ivi esistenti, è ben lieve nelle zone rurali. Pertanto, in obbedienza alle direttive del Regime, si è iniziata una vasta azioni, diretta a portare i benefici del telefono ovunque sia un nucleo rurale o montano.

Ma il telefono, per sfruttare in pieno le sue possibilità, deve essere funzionante in ogni ora del giorno e della notte e sopratutto, rapido. Nei centri urbani il servizio automatico, o (nei pochi centri nei quali non è ancora avvenuta l'automatizzazione) il servizio manuale continuo, rispondono in pieno a questi requisiti: ora, nelle zone rurali e montane, l'automatizzazione è, in generale, per ragioni tecniche economiche e pratiche, non conveniente. D'altra parte il telefono manuale, oggi generalemente usato nelle campagne, presenta i noti inconvenienti (inevitabile limitazione di orario, lentezza, facilità di disguidi, non segretezza, ecc.), i quali sono, naturalmente, esaltati dal frazionamento dei gruppi di abbonati e dalla loro distanza dai centri importanti.

Il Gruppo STET, per le zone che lo riguardano, ha elaborato un grandioso piano che, impiegando un nuovo mezzo tecnico, il telefono simiautomatico, dovrà portare alla sistemazione completa delle zone rurali, delle regioni sopraelencate, semiautomatizzando progressivamente circa 30 mila apparecchi. Il telefono semiautomatico assicura praticamente all'utente tutti i vantaggi dell'automatico. Il traffico è cosi concen-

Fig. 10 — Macchine per la fasciatura dei conduttori con nastri di carta (Pirelli)

trato nei centri più importanti ove trovansi operatrici esperte (abolendo i numerosi transiti attuali, spesso necessariamente di scarsa efficienza) e le comunicazioni sono rapidamente stabilite a mezzo di commutatori automatici comandati dalle dette operatrici; quindi, in sostanza, la rete semiautomatica non è che una rete automatica, manovrata dalle operatrici a richiesta degli abbonati.

grande industria italiana vennero date dal Duce, il quale nel 1927 volle che il Paese fosse completamente emancipato dall'importazione estera di alluminio. L'industria, infatti, rispose con immediato slancio al comando tanto che da meno di 3.000 tonn., in soli diciotto mesi, il Paese giunse a portare la sua capacità di produzione annua a 14 mila tonn. Nuove miniere furono aperte nell'Istria redenta, nuove poderose centrali idroelettriche furono create, costruite fabbriche per la produzione dell'allumidio e nuovi impianti per l'elettrolisi del metallo furono creati, conseguendo così, nel

Fig. 15 — Rete nazionale delle stazioni radiofoniche

brevissimo giro di due anni, una produzione più che doppia rispetto al consumo interno.

Questo sforzo rapido e imponente portò di un balzo il nostro Paese in prima linea fra i grandi paesi produttori d'alluminio, e fu tale da sostenere coraggiosamente questa industria, allorchè nel 1931-32, dall'epicentro di Wall Street i sussulti di un cataclisma economico senza precedenti varcarono gli oceani e ci fecero assistere, impotenti, al crollo pauroso di numerose importanti iniziative.

Nel 1936 si impostò, senza indugio, il raddoppio della produzione e già nel 1937 vennero raggiunte le 23.000 tonnellate; oggi si è già raggiunta e superata la meta delle 40 mila tonn. annue fissate dal Duce, e, nel 1941 si dovrà produrre l'imponente quantitativo di 55 mila tonn. di alluminio.

Può con certezza affermarsi, pertanto, che, salvo la Germania, essa pure premuta dalle stesse necessità autarchiche, nessun altro Paese del Mondo può vantare nella sua storia industriale, una ascesa così rapida, uno affermarsi così audace, come quella dell'industria dell'alluminio in Italia.

L'alluminio può difinirsi metallo tipicamente nazionale, dato che gli elementi fondamentali necessari per alimentare questa industria sono le bauxiti e l'energia elettrica. Vari, e di varia importanza, sono i giaci-

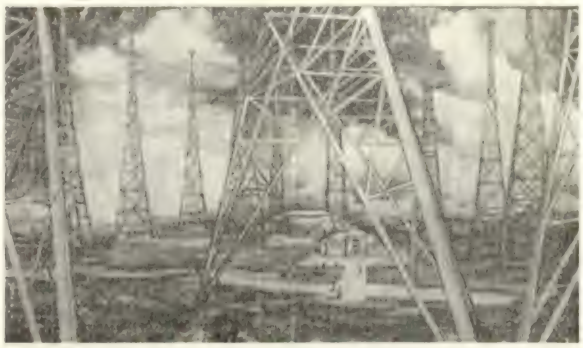


Fig. 16—Centro Radio-Imperiale a onde corte di Roma

menti bauxitiferi italiani: i giacimenti abruzzesi, campani, goriziani, istriani, garganici, sono tali e di tanta importanza da metterci in condizioni di completa tranquillità per l'avvenire. Ma l'elemento fondamentale del costo del metallo è, e resterà, l'energia elettrica chiave di volta di tutte le produzioni elettrochimiche ed elettromeccaniche, ma essenzialmente di quella dell'alluminio. Il costo degli impianti idroelletrici incide per circa il 40 % sul costo complessivo delle installazioni necessarie per la produzione dell'alluminio. Se notiamo, invero, che la cifra di consumo di energia in corrente continua per l'elettrolisi è di circa 20 kWh per kg. di metallo, e quella di corrente alternata,

misurata sull'alta tensione in partenza, e di circa 30 kWh per kg., si comprende subito quale sia l'imponente quantitativo di energia che occorre per far marciare una simile industria. Per fortuna l'Italia ha a disposizione questa energia e, per quanto, naturalmente, le risorse in questo campo non sono inesuaribili, pure ci permettono di guardadare con sufficiente serenità l'avvenire.

Per mancanza di tempo non è possibile entrare nei dettagli del ciclo produttivo dell'alluminio dalle bauxiti al metallo grezzo e tanto meno in quelli delle industrie accessorie strettamente ad esse collegate, quali la produzione della criolite artificiale, del coke di pece per anodi, degli anodi stessi, etc.; ma per dare un'idea dell'importanza che assumono gli impianti relativi a questa industria, sia nella fase chimica che in quella elettrolitica, proietteremo tra poco alcune fotografie relative alla più importante fabbrica italiana.

Vale la pena, tuttavia, accennare sia pure rapidamente, alle conquiste che la tecnica italiana, mercè l'assidua, acuta indagine e l'intelligente entusiasmo dei nostri tecnici, ha saputo conseguire portandosi decisamente all'avanguardia nel mondo, secondo il recente replicato giudizio di stranieri competenti.

Fino a qualche anno fa, non solo i sistemi di lavorazione, ma i dettagli stessi dei procedimenti, erano presso a poco ancora quelli definiti, circa 40 anni fa, ancora dall'originale processo di Bayer, per la separazione dell'ossido di alluminio dalla bauxite e dal processo di Heroult e Hall per la fase elettrolitica al forno elettrico. Il consumo di combustibile nella fase chimica e quello di elettrodi e di energia elettrica nela fase elettrolitica denunciavano dei rendimenti chimici, termici ed elettrici, veramente preoccupanti, specie per il mio Paese, che non può inconsciamente sciupare materia ed energia. Basta pensare che il consumo di carbone per la fabbricazione dell'ossido di alluminio prodotto col processo Bayer era allora, come è stato fino a poco tempo fa, ed è tuttora in moltissime fabbriche europee di circa 1400 ÷ 1500 e fino a 1800 kg. per tonnellata di alluminio prodotta. — Orbene un critico e sistematico esame delle possibilità tecniche, delle materie impiegate, dei rendimenti ottenuti e di quelli che avrebbero potuto ottenersi da una più approfondita conoscenza delle leggi fisico-chimiche in gioco, ha portato l'industria italiana ad un consumo di combustibile molto prossimo alla metà delle cifre precitate.

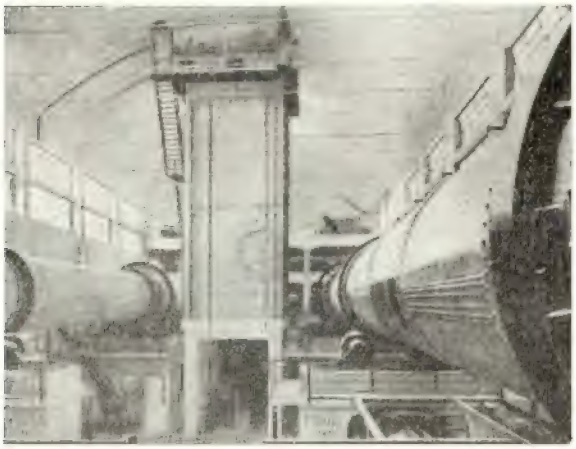


Fig. 17 — Forno rotative per la calcinazioni dell'idrato

Fig. 18 — Maggazzino dell'idrato

Questa economia, che su oltre 100 mila tonn. di allumina, quale è la produzioni attuale dell'industria italiana, può voler dire un risparmio di combustibile di parecchie migliaia di tonn. di carbone o di nafta,

Fig. 19 – Sala di elettrolisi a forni chiusi

è uno dei più recenti risultati conseguiti dalla tecnica italiana. La nostra industria può constatare con grande soddisfazione che in questo campo, nessun altro paese ha fino ad oggi raggiunto così bassi limiti nel consumo di combustibile per unità di prodotto.

Parimenti di grande interesse tecnico-economico si profila la soluzione del problema della utilizzazione dei fanghi rossi, residui tuttora praticamente inutilizzati in tutto il mondo della lavorazione delle bauxiti. Tecnicamente risolto per la prima volta dall'industria italiana con la riuscita produzione al basso forno elettrico di varie centinaia di tonnellate di ottima ghisa commerciale, questo problema attende ora la sua attuazione pratica che possa fare, in via industriale definitiva. di quello che è oggi un ingombrante rifiuto, un elemento interessante per l'indipendenza economica nazionale.

Nella tecnica mettallurgica dei forni elettrolitici è stata italiana l'iniziativa di condurre la pratica costruttiva verso il forno Söderberg monoblocco al altissimo amperaggio, ed è nella fabbrica di Mori della Montecatini che già alcuni anni fà un forno monobloco da 37500 ampere dimostrava la possibilità di sostituire, con semplicità di costruzione ed economia di esercizio, un solo grande elettrodo ai 3 o 4 che si ritenevano allora indispensabili per sopperire di grandi amperaggi. Anche le tecnica straniera segue oggi l'orientamento italiano.

Per la prima volta in Italia si è dimostrata la possibilità di applicare ai forni elettrolitici ad anodi multipli, la chiusura con captazione e ricupero delle polveri e dei gas, e il lavaggio di essi in ciclo chiuso, con notevoli risparmio di reagenti e con più completo ricupero dei prodotti fluorurati.

È prossima l'attuazione di un impianto del recupero del Vanadio dalle bauxiti, fino ad oggi dovunque disperso, mentre altre interessanti ricerche sono a buon punto per tentare il ricupero del Titanio, che, sotto forma di ossido, entra in ragione di circa il 3 % nelle bauxiti italiane.

Fig. 20 — Colata metallo grezzo

Dobbiamo qui riconoscere che l'industria italiana dell'alluminio ha saputo rapidamente portarsi, col solo apporto dello studio e dell'ingegno italiano all'avanguardia della tecnica, mercè la stretta collaborazione fra

scienza e industria, operata fra i reparti e i laboratori di fabbrica in una comunione di spiriti e di entusiasmi che unisce tecnica e ricercatori verso le stesse finalità dell'autarchia e del progresso.

E il movimento di ascesa in questo campo della ricerca non si arresta: è, infatti, di ieri la decisione del Consiglio della Montecatini di devolvere, con gesto più che americano, la somma di 20 milioni di lire per la fondazione di un istituto di ricerca di chimica industriale.

Abbiamo, in questa conversazione, passate, in rapida rassegna, alcune delle principali industrie che si sono sviluppate per produrre, convogliare, o utilizzare l'energia elettrica, e abbiamo tralasciate le altre in cui la elettricità non entra come fattore fondamentale di produzione; chè altrimentti, avremmo dovuto accennare a tutte le industrie, dato che, modernamente, non si

Fig. 21 — Raddrizzatori di Bolzano

conosce attività, in cui questa grande forma di energia non abbia fatto il suo ingresso trionfale.

Non posso fare a meno, tuttavia, di dire qualche parola intorno ad un'altra industria autarchica per eccellenza, ossia intorno all'industria della cellulosa, poichè questa in Italia, sfruttando un processo completamente italiano, utilizza un'ingente quantità di energia elettrica per la produzione del cloro nelle celle elettrolitiche Giordani-Pomilio. Ed è precisamente sotto l'impulso potente e animatore di un altro grande italiano contemporaneo, S. E. Francesco Giordani, Accademico d'Italia, che l'industria della cellulosa si avvia rapidamente a raggiungere, in obbedienza al comandamento del Duce, il fabbisogno nazionale annuo di 4 milioni di tonnellate.

E appena necessario ricordare che l'energia elettrica utilizzata in tutte le industrie citate deve essere a buon mercato: i 30 kWh occorrenti per fabbricare un kg. di alluminio non debbono costare più di qualche lira, altrimenti l'industria non potrebbe reggere.

È, per fortuna, l'acqua delle nostre Alpi; l'acqua dei nostri Appennini; l'acqua idealizzata da S. Francesco di Assisi; l'acqua, incisivamente presentata come fonte di distruzione dal Foggazaro; quella che ci dà questa grande possibilità. È tuttavia questa fonte di energia illimitata? Ritengo che in nessun Paese del mondo si può rispondere affermativamente a questa domanda. — Per quanto riguarda d'Italia, le statistiche mostrano che l'energia tecnicamente producibile è dell'ordine di 60 miliardi di kWh e che l'incremento annuo di consumo è dell'ordine del 10 %, per cui si comprende che, se tutto dovesse procedere secondo le previsioni, fra alcune decine di anni, avremo esaurite le nostre riserve di energia idraulica.

Che cosa succederà allora?

Per quanto non sia in noi prevedere il futuro, pure, ritengo, che visiamo motivi di tranquillità pensando che, in ogni caso, altre forme di energia sfruttabili sono a nostra disposizione: energia geotermica, energia del vento, energia delle onde marine, energia solare, senza citare quelle che la Scienza potrà ancora mettere a disposizione; non esclusa, forse, quella immane nascosta dietro la pericolante barriera del mondo atomico.

Tranquillizziamoci, dunque, dappoichè la natura è grande, e il progresso umano si arresta!

GRANDES OBRAS DA CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA

Urbanização da Encosta de Ajuda

Os trabalhos do Mercado do Bairro dos Actores

O novo Bairro Económico da Boa Vista

Os aquedutos que abastecem Lisboa

(Águas Livres, Alviela e Tejo)

PELO ENG. CIVIL I. S. T. JOÃO CARLOS ALVES

Em Julho de 1847 escrevia o Eng. Pezerat em uma Memória à proposta feita por Francisco Martins sôbre o abastecimento de águas da cidade:

«Lisboa uma das mais belas cidades da Europa com uma população de 350.000 almas (1), não recebe das suas Águas Livres, durante o estio, senão 1500 metros, ou 78 polegadas fontanais, o que prefaz 4 litros por habitante. Por isso na estação calmosa experimenta uma verdadeira calamidade».

Crescera portanto muito a população de Lisboa pois com a entrada das águas do Aqueduto das Águas Livres ficou Lisboa abastecida, no verão com mais 30 aneis ou 810.000 litros por dia, que repartidos pelos moradores que então existiam (100.000) davam um acrescento de 8 litros por cabeça.

Urgia que um Govêrno próvido remediasse com prontidão aquela calamidade, mas o sacrifício que isso acarretava não animou as autoridades ao empreendimento. Apareceram várias propostas ou pretensões mais ou menos fantasistas que não podiam ser vertidas em obras e por isso não tiveram qualquer logramento, até que em 1855 o Govêrno resolveu celebrar um contrato provisório que serviu de base ao concurso que depois se abriu.

O contrato definitivo foi feito com a Emprêsa das Águas de Lisboa (1.ª Companhia), e assinado em 29 de Setembro de 1858. Por êle a Companhia obrigava-se a abastecer a cidade com 8.000.000 canadas diárias (2) pelo menos, e se o consumo fôsse maior tomava o compromisso de fornecer até uma quantia que estivesse na razão de 70 canadas por indivíduo, da população do Município.

Teve vida inquieta e difícil a Companhia pois que a primeira e a mais séria questão era encontrar o manancial que satisfizesse em volume, qualidade e economia a água prometida.

Para a captação das águas, condução para a cidade e distribuïção nas ruas e prédios, veio a Lisboa o eng. francês Mary que elaborou os respectivos projectos que em grande parte foram executados. Merece chamamento especial o sifão da Porcalhota imaginado por Mary para trazer as águas do Aqueduto desde aquela localidade, num ponto da cota 126 metros, até ao reservatório de Pombal (ao lado da Penitenciária) e poder assim abastecer de água as partes mais altas da cidade (Penha, Graça, Castelo, Campolide, etc.). Êste sifão foi montado por dentro do aqueduto e é feito de ferro batido, com calibres que começam em 60 centímetros e terminam em 40 centímetros. Os canos de distribuïção na cidade eram de ferro fundido.

As obras realizadas absorveram a breve trecho o capital da Companhia. Os proprietários levantaram embargos à expropriação das águas o que mais apressou a ruína da emprêsa. As poucas águas captadas corriam para as ribeiras à ordem dos tribunais e a calamitosa estiagem de 1863 veio agravar mortalmente a vida da infeliz concessionária. A 8 de Outubro dêsse ano o Govêrno decreta a expropriação urgentíssima por utilidade pública das águas, terrenos e encanamentos, pertencentes à Companhia e

(1) Há exagêro nesta cifra, mesmo contando com a população das freguesias mais vizinhas da cidade.

(2) A canada valia 1l,4125 o que dava 11.300 metros cúbicos por dia.

aos particulares com os quais ela andava em litígio.

Sôbre as ruínas desta emprêsa passaram alguns anos, ficando a cargo do Govêrno a administração das obras feitas e alguns melhoramentos que se foram fazendo para remediar a penúria de agua cada vez mais aguda, até que uma nova Companhia se ergueu sôbre o impulso do Dr. Carlos Zeferino Pinto Coelho.

Nêste interregno a Câmara Municipal tentou uma vez mais apossar-se do serviço de abastecimento de água à cidade e restabelecer assim o domínio que tinha perdido, requerendo ao Govêrno a entrega e a usufruïção de tôdas as obras, águas e materiais da defunta Companhia. Não teve efeito o pedido porque nêste comenos adiantavam-se as negociações com os capitalistas da nova Companhia cujo contrato foi assinado em 27 de Abril de 1867. O capital subscrito da nova Companhia (Sociedade anónima) de 5.000 contos podia ser elevado a 9.000 contos, soma enorme para o tempo e de grandíssima responsabilidade para uma emprêsa particular desprovida de qualquer ajuda oficial.

Segundo aquele contrato estava previsto o aproveitamento das águas das nascentes do rio Alviela, fixando-se o consumo diário de 100 litros por morador da cidade.

O Govêrno garantia por seu lado o exclusivo da venda de água pela Emprêsa, e concedia-lhe o direito de obrigar os proprietários dos prédios de Lisboa a fazerem à sua custa os encanamentos parciais (ramais), para abastecimento dos mesmos prédios.

Teve a Companhia que domar grandes dificuldades para se manter, por o capital não ter respondido como era mister; mas vencidas as primeiras dificuldades e dadas as primeiras provas da sua capacidade de direcção e de intentos, volveu ela a sua atenção para a grande obra de trazer para Lisboa as águas dos Olhos do Alviela, pondo de banda os vários alvitres apresentados, os quais pareciam comesinhos em face da gravidade da questão das águas para o abastecimento de Lisboa.

O Aqueduto do Alviela

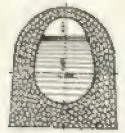
O traçado primitivo do aqueduto do Alviela, das mãos dos Engenheiros do Govêrno, Joaquim Nunes de Aguiar e Joaquim Pires de Sousa Gomes, foi em parte impugnado pelos engenheiros da Companhia principalmente na parte relativa à cota da partida do aqueduto do Alviela, que Aguiar tinha imaginado ficar 50 metros mais alto que a cota a que brotavam as águas das nascentes daquele rio ($54^m,30$), ou seja $104^m,30$ acima do nível do mar. Era seu fito conseguir um traçado do aqueduto mais simples, por evitar a construção de túneis e a travessia de vales mais profundos e largos. A elevação da água para a distribuïção deixava assim de ser feita em Lisboa para ter lugar na origem. Contra êste propósito eram os Engenheiros da Companhia de parecer que elevando-se as águas em Lisboa sòmente era preciso elevar aquelas que o consumo exigisse e à altura necessária; elevando-se as águas no Alviela tôdas seriam elevadas à mesma altura e em quantidades nem sempre reguladas com os gastos de Lisboa. No aqueduto só entrariam portanto as águas elevadas, ao passo que na outra ideia o aqueduto podia trazer tôda a água que a sua secção molhada pudesse comportar. Outra razão embora de somenos era de montar e reparar máquinas e bombas longe de Lisboa (100 quilómetros), fora dos grandes povoados e dos meios de recurso.

Decidiu-se a Companhia pelo traçado baixo, projectando a estação elevatória nos Barbadinhos, mas ainda assim chamou o hidrólogo francês Richard para dar a sua opinião sôbre o traçado que mais convinha seguir. Condenou aquele engenheiro ambos os traçados depois de estudar as nascentes dos arrabaldes da cidade e as dos rios Ota e Alenquer, convencido que seriam bastantes para dispensar a construção do aqueduto do Alviela.

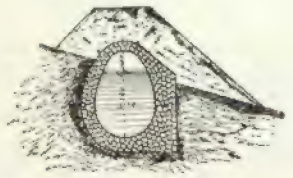
Como as chamadas águas altas (do aqueduto das Águas Livres) eram lançadas directamente na distribuïção da cidade, sem precisarem de elevação, opinavam também os engenheiros da Companhia que as excedentes do consumo durante o inverno en-

Corte transversal
Enterrado

Corte transversal
A cavaleiro ou sôbre arcadas



Corte transversal
A meia encosta



Escala 1:50

PLANTA DO CANAL DO ALVIELLA

chessem um grande reservatório com a capacidade de 100.000 metros cúbicos diários.

Outro meio indicavam ainda aqueles engenheiros para obviar o mais depressa possível à falta de água, o qual era começar o aqueduto do Alviela de Lisboa para o Norte até à nascente do rio Ota e ali meter no verão aquêle manancial, cuja produção foi avaliada em 5.000 metros cúbicos por dia.

A-pesar dos autorizados conselhos de Richard preferiu o Govêrno o projecto de trazer as águas do Alviela, — cujos resultados eram mais certos, a-pesar do risco de tão arrojada construção e bem mais cara que os outros alvitres, — e assim aprovou o traçado baixo do aqueduto, mandando começar as obras por portarias de 18 de Agôsto e 3 de Outubro de 1871, sem contudo desprezar as soluções lembradas pela Companhia, para a elas recorrer na medida das necessidades públicas, se fôsse caso disso, enquanto durassem as obras do aqueduto.

Estava dado o grande passo para a realização dêste grande empreendimento que muitos consideravam um mito e outros julgavam irrealizável, por ir além dos recursos financeiros da Companhia.

Feitos os primeiros trabalhos de campo (nivelamento e traçado) inauguraram-se os trabalhos do aqueduto, na trincheira sita no Olival da Ilha do Grilo em Xabregas, ao quilómetro 112,600, a contar da origem, no dia 28 de Dezembro de 1871.

Começaram logo os primeiros estorvos nas expropriações do terreno, cujos proprietários se mostraram renitentes por não compreenderem desde logo o alcance de tão bemfazeja obra, que pouco a pouco foram vencidas devido à acção e energia da Companhia com a ajuda benévola do Govêrno.

Andavam os trabalhos regularmente activos, pressagiando-se o cumprimento do prazo marcado para o acabamento da obra (48 meses) quando o Govêrno resolveu suspender o regulamento dos encanamentos particulares, que garantia à Emprêsa o obrigar os proprietários de Lisboa a meter água nos prédios; isto fêz para atender as reclamações da Câmara e do público, que se julgavam agravados com a regulamentação do que era previsto no contrato e que era uma das bases fundamentais para a sorte da Companhia. Era um rude golpe nos seus interêsses e por isso suspendeu os trabalhos como represália, o que vinha atrasar o abastecimento de água à cidade, e complicar as circunstâncias já penosas em que a população se debatia, mormente no verão do ano de 1874. Neste ano as águas livres e as orientais baixaram para cêrca de 4.000 metros cúbicos, cabendo a cada morador uns 2 litros por dia [1].

O Govêrno pesando a situação aflitiva da cidade, resolveu por fim publicar em 30 de Outubro de 1880, o regulamento das canalizações tal qual ainda se mantém hoje, forçado também pelo acórdão do Tribunal Arbitral que fôra favorável à Companhia.

Prosseguiram frouxamente os trabalhos do aqueduto, por culpa dos rigorosos invernos de 1876 e 1877 e só em 1880 a 3 de Outubro, poude ser inaugurado com a presença dos reis D. Luiz e D. Fernando e dos ministros da coroa, representantes das Câmaras Municipais de Lisboa, Belém e Olivais, corpo diplomático, dignos pares e deputados, etc.

Estava consumado o alegre facto da abundância de água, vinda pelo seu pé desde 114.050 metros, que tanto é a lonjura a que ficam de Lisboa as formosas nascentes dos Olhos de Água, cujo rio corre todo para Lisboa no rigor dos estios à razão de 30.000 metros cúbicos por dia, que tanto é a sua produção nas épocas de maior canícula.

NASCENTES DO ALVIELA — Jorram as águas do Alviela da Serra de Santo António que faz parte do chamado maciço de Pôrto de Mós. A formação geológica é constituída por calcáreos compactos do Jurássico médio (Dogger) limitados pelo lado Sul pela região dos grés cretácicos. Mais ao sul dêstes grés aparece uma tira do jurássico médio confinada pelo cretácico superior o que significa ter havido um abatimento do terreno que separa as duas formações do jurássico.

---

[1] A população de Lisboa devia andar naquele ano por 180.000 pessoas.

A mancha sul do jurássico fixa-se a cêrca de dois quilómetros para Oeste da povoação de Amiais de Baixo, por uma deslocação transversal da qual brota a ressurgência do Alviela, vulgarmente chamada «Olhos de Água».

A serra de Santo António vasta formação constituída por calcáreos muito fendidos e por isso sem vazão superficial, é a principal bacia de alimentação daquela nascente, parecendo também que a bacia cerrada de Minde para ela contribui, por lhe ser contígua. Por virtude do fendimento dos calcáreos as águas destas bacias estão sujeitas a inquinações por lhe faltar a filtração natural, circulando as águas por canais e grutas subterrâneas.

Logo a jusante dos Olhos de Água dá-se a confluência com a ribeira de Amiais, cujas águas vêm poluídas por serem de superfície e servirem aos despejos da povoação daquele nome; por isso convinha isolá-las para que no seu curso superior, por transbordamento ou infiltração, não fôssem contaminar as que são captadas para Lisboa. O isolamento fêz-se por circundamento da ressurgência do Alviela por meio de uma pequena muralha de alvenaria, que evita a mistura das águas a quando das cheias daquela ribeira. O leito desta veia de água foi revestido de betão para afastar as inquinações de profundidade.

As águas do Alviela são, das que abasteciam Lisboa, as de mais baixa mineralização (200 miligramas de resíduo fixo por litro) em que mais de dois terços são carbonatos de cálcio e magnésia, predominando entre estes o bicabornato de cálcio, o sal nobre da água que a torna a melhor que se bebe em Lisboa e uma das muito boas da Europa.

As águas da Ota, que foram introduzidas no aqueduto do Alviela em 1923 e também as das nascentes de Alenquer metidas em 1933, estas por indicação da Comissão de Fiscalização das Obras de Abastecimento de Água à Cidade de Lisboa, são do mesmo tipo das águas do Alviela, por jorrarem de terrenos geològicamente semelhantes.

AQUEDUTO DO ALVIELA — O aqueduto do Alviela também impròpriamente chamado canal por inveterado hábito, talvez para o diferenciar do Aqueduto das Águas Livres, planeado pelos engenheiros da Companhia das Águas, Paiva Couceiro e Sousa Pires que também dirigiram a sua construção, segue desde os Olhos de Água a margem direita do rio daquele nome até junto de Pernes onde passa pelo lado norte; e vai correndo por Alcanhões em direitura a Pero Filho e Secorio e mais adiante atravessa o vale da ribeira de Asseca logo a jusante da Bôca das Três Valas; torna a seguir a margem direita do vale de Almoster passando nas cercanias de Vila Nova de S. Pedro, Alcoentrinho e Retorta, atravessando as charnecas da Ameixoeira e da Vidigueira no sentido de Ota, cujo vale cruza a jusante da povoação. Daqui dirige-se para os lados de Alenquer onde passa a leste desta Vila, Vale de Flores e do Carregado até se apoiar nas encostas que dominam a margem direita do Tejo desde Vila Franca de Xira por Alhandra, Póvoa de Santa Iria até Sacavém, cujo rio atravessa a curta distância da ponte de estrada para Lisboa; passa finalmente nos Olivais, Chelas, Xabregas e entra na cidade entre as antigas portas da Madre Deus e da Calçada das Lages e vem acabar na cêrca do antigo convento dos Barbadinhos; aqui despeja as águas num reservatório de chegada donde as águas são tomadas e elevadas para a distribuïção na cidade. A cota de chegada do aqueduto é $31^m,66$ e o desnível desde os Olhos de Água aos Barbadinhos ($22^m,67$) é vencido com o declive corrente de $0^m,12$ por quilómetro de secção livre, e nos sifões com $0^m,60$ de perda de carga por quilómetro de corda.

A forma do aqueduto é ovóide com o vértice para cima. Tem $1^m,90$ de alto por $1^m,30$ na maior largura. A construção é de alvenaria normalmente enterrada [1].

Se bem que a secção livre do aqueduto comporte uma vazão de 65.000 metros cúbicos por dia, a vazão estava limitada a 40.000 por se ter feito apenas uma linha de sifões (de ferro fundido) com 1 metro de diâmetro. Só mais tarde esta linha foi do-

[1] Vidé estampa que mostra o trajecto do aqueduto e as três secções: corrente, meia encosta e túnel.

brada desde Lisboa a Ota quando se meteram as águas desta origem no aqueduto, e recentemente até ao Alviela (1933) para aproveitar tôda a capacidade de transporte da secção corrente. A primeira duplicação foi feita empregando tubos de ferro fundido como os dos primitivos sifões. Na segunda empregaram-se tubos de betão armado e vibrado com enrolamento exterior de fio de ferro.

Os sifões são em número de 50, com um comprimento total de 15.600 metros. A maior flecha é de 37 metros no sifão da Bôca das Três Valas, o qual é também o mais comprido (1.150 metros de corda). O de maior nomeada é o de Sacavém com 900 metros de corda e 34 metros de flexa. Transpunha êste sifão o rio Trancão com um sifão em arco de tubo de chapa de ferro com nervuras, que tinha $45^{m},50$ de corda e $13^{m},5$ de flexa. Os encontros do arco são de alvenaria, assentes sôbre fundação de cilindros de ferro fundido cheios de betão, que descem a grande profundidade (cêrca de 40 metros, altura a que se achou terreno firme). Hoje o sifão na travessia do rio é sub-fluvial, aproveitando-se os encontros do velho sifão para apoio do novo sifão do aqueduto do Tejo, que é também um arco, mas de betão armado.

Em todos os extremos dos sifões há casas de água visitáveis, sendo as de montante munidas de adufas, para cortarem a água quando necessário, descarregadores de superfície e de fundo. Além destas casas o aqueduto tem mais 196 clarabóias de acesso, à distância normal de 500 metros, além de numerosos ouvidos para serviço de limpeza e conservação da obra.

As partes do aqueduto abertos em túnel abrangem o comprimento de 17.540 metros, repartidos por 94 troços, dos quais o mais extenso tem 2.700 metros, na travessia do morro que separa os vales de Alcoentrinho e Ameixoeira.

Êste túnel ofereceu grandes dificuldades na sua construção, devidas à natureza do terreno e à grande quantidade de água aparecida.

Os pequenos vales são transpostos por arcadas cujo tipo geral é de 4 metros de vão e volta abatida, ou 5 metros de vão e volta inteira, conforme as alturas a que passa o aqueduto acima do terreno.

Na travessia dos vales mais profundos, que é feita pelos sifões, passam estes cavalgando os corregos por meio de arcaria, com aberturas variáveis conforme os casos e as larguras dos rios ou ribeiros.

As obras do aqueduto do Alviela importaram em cêrca de 6.000 contos (até 1890) um pouco mais, na mesma expressão de moeda, que o aqueduto das Águas Livres. Hoje custaria mais de 250.000 contos! Para uma companhia particular sem ajudas do Estado, esta cifra representa uma verdadeira audácia para o tempo em que foi feito, e sê-lo-ia ainda hoje. Sem esquecer que esta obra foi feita com capitais portugueses e por engenheiros nossos!

(A seguir: O Aqueduto do Tejo)

II CONCURSO FOTOGRÁFICO DO I. S. T.

Em virtude dos intensos trabalhos escolares da época e para atender o pedido de vários colegas, foi adiado êste certamen para o começo do próximo ano lectivo em data a fixar possìvelmente em Novembro.

Podem assim os interessados aproveitar as férias grandes, durante as quais as Comemorações Centenárias fornecerão abundantes assuntos e oportunidades que dificilmente se tornarão a repetir.

Dos métodos de medida de potência e energia eléctrica activa e reactiva

PELO ENGENHEIRO ELECTROTÉCNICO (I. S. T.) BENJAMIM DA CONCEIÇÃO MENDONÇA

V

Circuitos de corrente alternada trifásica

Onde o assunto se torna interessante e delicado, é nos circuitos de corrente alternada trifásica, com distribuïções a três e quatro fios.

Vejamos como se operam as montagens dos aparelhos segundo os métodos de medida que ficaram enunciados.

O primeiro grupo de fórmulas, que obtivemos nas deduções analíticas, foram as equações (7), (8) e (9) representadas pelas fórmulas:

$$P = U_2\, i_3 - U_3\, i_2$$
$$P = U_3\, i_1 - U_1\, i_3$$
$$P = U_1\, i_2 - U_2\, i_1$$

Vimos que

$$U_1 = u_2 - u_3$$
$$U_2 = u_3 - u_1$$
$$U_3 = u_1 - u_2$$

A cada fórmula corresponde a seguinte montagem representada nas figuras 15, 16 e 17

$$P = U_2\, i_3 - U_3\, i_2 = (u_3 - u_1)\, i_3 - (u_1 - u_2)\, i_2 = = (u_3 - u_1)\, i_3 + (u_2 - u_1)\, i_2 \qquad \text{fig. 15}$$

$$P = U_3\, i_1 - U_1\, i_3 = (u_1 - u_2)\, i_1 - (u_2 - u_3)\, i_2 = = (u_1 - u_2)\, i_1 + (u_3 - u_2)\, i_2 \qquad \text{fig. 16}$$

$$P = U_1\, i_2 - U_2\, i_1 = (u_2 - u_3)\, i_2 - (u_3 - u_1)\, i_1 = = (u_2 - u_3)\, i_2 + (u_1 - u_3)\, i_1 \qquad \text{fig. 17}$$

Cada montagem pode ser interpretada por meio de um diagrama vectorial (*).

Suponhamos primeiro o caso da distribuïção em estrêla. Teremos para as figuras 15, 16 e 17, os diagramas indicados nas figuras 18, 19 e 20.

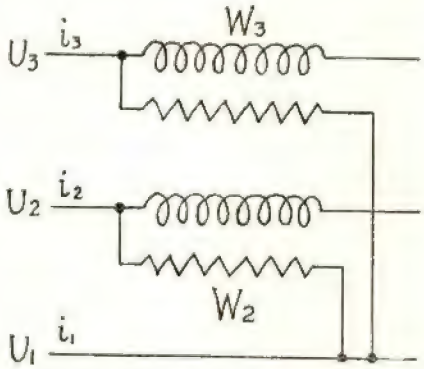


Fig. 15

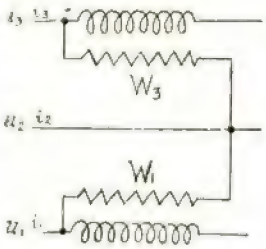


Fig. 16

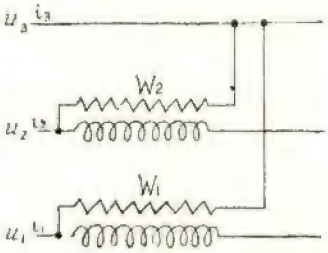


Fig. 17

As fórmulas relativas a cada um dos diagramas são as seguintes:

$$P = U_2\, i_3 - U_3\, i_2 \qquad \text{fig. 18}$$
$$P = U_3\, i_1 - U_1\, i_3 \qquad \text{fig. 19}$$
$$P = U_1\, i_2 - U_2\, i_1 \qquad \text{fig. 20}$$

Estes três diagramas vectoriais mostram-nos que qualquer das fórmulas do grupo é equivalente, seja qual fôr a ordem das fases que se tome para a realização do método de medida de potência.

Êste método de medida pode ser executado, utilizando dois watímetros para as medidas de potência, ou serve de base para a construção de contadores de indução para a medição da energia eléctrica, com dois grupos medidores, ou de watímetros industriais de quadro para indicar a potência debitada a cada instante pelos geradores ou absorvida pelos receptores.

(*) Na representação vectorial, que se vai seguir, adoptámos o método radial de preferência ao método poligonal por nos parecer o primeiro mais cómodo do que o segundo.

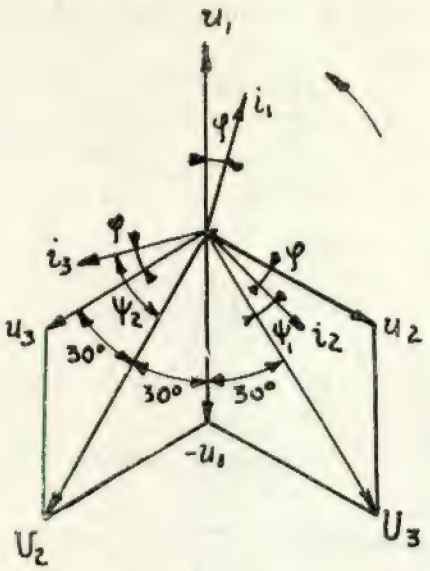


Fig. 18

Êste método de medida é designado pelo *Método dos dois Watímetros.*

Vejamos agora o que é que cada watímetro marca.

Examinemos o diagrama da fig. 20, a que corresponde a montagem indicada na fig. 16. A qualquer dos três diagramas se aplica o que vamos desenvolver, visto todos serem equivalentes.

A fórmula empregada é

$$P = (U_1\, i_2 - U_2\, i_1) = (u_2 - u_3)\, i_2 + (u_1 - u_3)\, i_1$$

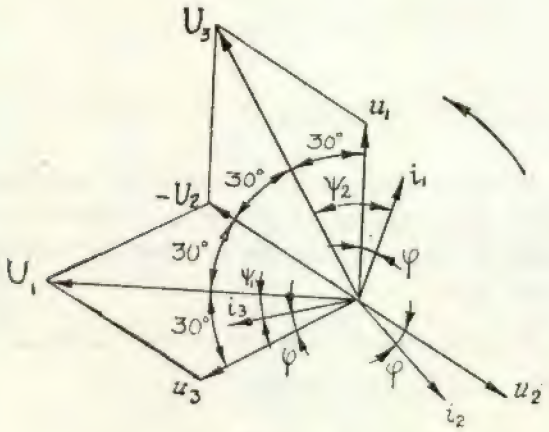


Fig. 19

Suporemos, para maior generalidade, que as correntes em cada fase estão decaladas de um ângulo φ entre as respectivas intensidades e tensões em cada fase.

O circuito de tensão do watímetro W_1 está montado entre a fase 1 e 3.

Logo

$$u_1 - u_3 = U_2$$

A bobina de corrente está montada em série na fase 1, e a corrente, que a percorre, é igual a i_1.

O watímetro W_2 tem o seu circuito de derivação montado entre a fase 2 e 3.

Logo

$$u_2 - u_3 = U_1$$

A bobina de corrente está montada em série na fase 2; a corrente, que a percorre, é igual a i_2.

Sendo U_1 e U_2 as tensões instantâneas, entre as fases citadas. E i_1, i_2 as correntes instantâneas que circulam nos watímetros, teremos que o watímetro W_1 e W_2 deverá marcar as seguintes potências:

$$P_1 = \frac{1}{T}\int_0^T U_2\, i_1\, dt$$

$$P_2 = \frac{1}{T}\int_0^T U_1\, i_2\, dt$$

Se ω fôr a pulsação da corrente teremos que

$$U_2 = U_{2\,max} \text{ sen } \omega t$$
$$i_1 = I_{1\,max} \text{ sen } (\omega t - \psi_1)$$
$$U_1 = U_{1\,max} \text{ sen } \omega t$$
$$i_2 = I_{2\,max} \text{ sen } (\omega t + \psi_2)$$

Porque, no primeiro caso, a corrente está em avanço do ângulo ψ_1, da tensão U_2, e no segundo a corrente i_2 está em atrazo do ângulo ψ_2 em relação à tensão U_1.

É claro que U_1 e U_2 são as tensões compostas das tensões estreladas do sistema.

Logo, teremos para o watímetro W_1:

$$P_1 = \frac{1}{T}\int_0^T U_2\, i_1\, dt =$$

$$= \frac{1}{T}\int_0^T U_{2max} \text{ sen } \omega t\, I_{1\,max} \text{ sen } (\omega t - \psi_1)\, dt =$$

$$= \frac{U_{2max}\, I_{1\,max}}{T}\int_0^T \text{sen } \omega t \text{ sen } (\omega t - \psi_1)\, dt =$$

$$= \frac{U_{2max}\, I_{1\,max}}{T}\int_0^T \text{sen } \omega t\, (\text{sen } \omega t \cos \psi -$$

$$-\cos\omega t \operatorname{sen}\psi_1)\,dt = \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{T}\int_0^T (\operatorname{sen}^2\omega t\cos\psi_1 -$$

$$-\operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\operatorname{sen}\psi_1)\,dt =$$

$$= \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{T}\int_0^T \operatorname{sen}^2\omega t\cos\psi_1\,dt -$$

$$-\frac{U_{2max}\,I_{1max}}{T}\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\operatorname{sen}\psi_1\,dt =$$

$$= \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{T}\cos\psi_1\int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2}\,dt -$$

$$-\frac{U_{2max}\,I_{1max}}{T}\operatorname{sen}\psi_1\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\,dt =$$

$$= \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{2T}\cos\psi_1\int_0^T dt -$$

$$-\frac{U_{2max}\,I_{1max}}{2T}\cos\psi_1\int_0^T \cos 2\omega t\,dt -$$

$$-\frac{U_{2max}\,I_{1max}}{2T}\operatorname{sen}\psi_1\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\,dt =$$

$$= \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{2}\cos\psi_1 - \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{2}\cos\psi_1 -$$

$$-\frac{1}{2\omega T}(\operatorname{sen}2\omega t)_0^T - \frac{1}{2\omega T}(\operatorname{sen}^2\omega t)_0^T =$$

$$= \frac{U_{2max}\,I_{1max}}{2}\cos\psi_1 = U_{2ef}\,I_{1ef}\cos\psi_1$$

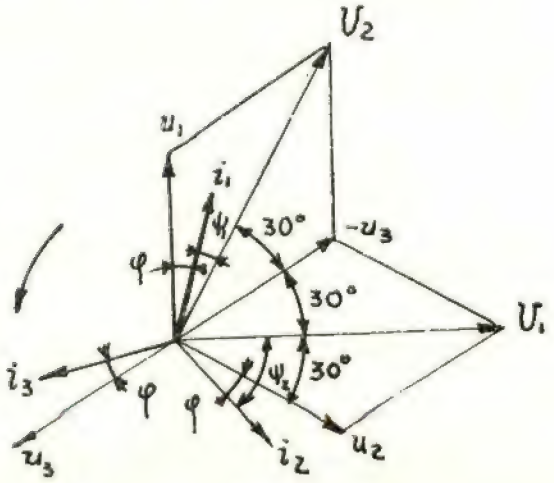


Fig. 20

porque, como já sabemos, $(\operatorname{sen}2\omega t)_0^T = 0$ assim como

$$(\operatorname{sen}^2\omega t)_0^T = 0$$

e

$$U_{2ef} = \frac{U_{2max}}{\sqrt{2}}\ ;\ I_{1ef} = \frac{I_{1max}}{\sqrt{2}}$$

Para o watímetro W_2 será

$$P_2 = \frac{1}{T}\int_0^T U_1\,i_2\,dt =$$

$$= \frac{1}{T}\int_0^T U_{1max}\operatorname{sen}\omega t\,I_{2max}\operatorname{sen}(\omega t + \psi_2)\,dt -$$

$$= \frac{U_{1max}\,I_{2max}}{T}\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\,(\operatorname{sen}\omega t\cos\psi_2 +$$

$$+\cos\omega t\operatorname{sen}\psi_2)\,dt = \frac{U_{1max}\,I_{2max}}{T}\int_0^T \operatorname{sen}^2\omega t\cos\psi_2 +$$

$$+\frac{U_{1max}\,I_{2max}}{P}\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\operatorname{sen}\psi_2\,dt =$$

$$= \frac{U_{1max}\,I_{2max}}{T}\cos\psi_2\int_0^T \frac{1-\cos 2\omega t}{2}\,dt +$$

$$+\frac{U_{1max}\,I_{2max}}{T}\operatorname{sen}\psi_2\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\,dt =$$

$$= \frac{U_{1max}\,I_{2max}}{2T}\cos\psi_2\int_0^T dt -$$

$$-\frac{U_{1max}\,I_{2max}}{2T}\cos\psi_2\int_0^T \cos 2\omega t\,dt +$$

$$+\frac{U_{1max}\,I_{2max}}{T}\operatorname{sen}\psi_2\int_0^T \operatorname{sen}\omega t\cos\omega t\,dt =$$

$$= \frac{U_{1max}\,I_{2max}}{2}\cos\psi_2 = U_{1ef}\,I_{2ef}\cos\psi_2$$

A soma das potências eficazes, indicadas pelos dois watímetros W_1 e W_2, fornecerá a potência que circula no sistema e teremos então que

$$P = P_1 + P_2 = U_2\,I_1\cos\psi_1 + U_1\,I_2\cos\psi_2$$

Mas, como vemos na fig.

$$\psi_1 = 30^\circ - \varphi \qquad \text{e} \qquad \psi_2 = 30^\circ + \varphi$$

visto que cada tensão composta está decalada de 30° sôbre a tensão estrelada respectiva, e φ é o ângulo de decalagem da corrente sôbre a tensão em cada fase.

Então, será

$$P = U_2\,I_1\cos(30^\circ - \varphi) + U_1\,I_2\cos(30^\circ + \varphi)$$

Vamos interpretar o valor de cada termo desta formula.

Comecemos primeiramente por supor que $\varphi = 0$.

Teremos então que

$$P = U_2 I_1 \cos 30^\circ + U_1 I_2 \cos 30^\circ = \\ = (U_2 I_1 + U_1 I_2) \cos 30^\circ = \\ = \frac{\sqrt{3}}{2} (U_2 I_1 + U_1 I_2)$$

Se fôr $\qquad U_2 I_1 = U_1 I_2$

isto é, se as fases do sistema estiverem rigorosamente equilibradas, será

$$P = U_2 I_1 \cos 30^\circ + U_1 I_2 \cos 30^\circ = 2\, U_2 I \cos 30^\circ$$

donde

$$\frac{P}{2} = U_2 I \cos 30^\circ .$$

Isto significa que a leitura de cada watímetro fornecerá o valor de metade da potência total transportada pelos três condutores do sistema.

Em relação a cada fase isolada a leitura de cada watímetro não tem, portanto, significação alguma.

Continuemos a discussão da fórmula.

Supunhamos agora o caso de ser $\varphi \neq 0$ e vejamos o caso mais vulgar de ser $\cos\varphi = 0{,}5$ a que corresponde a decalagem de $\varphi = 60^\circ$, teremos

$$P = U_2 I_1 \cos (30 - 60) + U_1 I_2 \cos (30 + 60) = \\ = U_2 I_1 \cos 30^\circ + U_1 I_2 \cos 90^\circ = \\ = U_2 I_1 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} U_2 I_1$$

porque o termo

$$U_1 I_2 \cos 90^\circ = 0$$

em virtude do coseno do ângulo de 90° ser nulo.

Nestas condições o watímetro W_2 não indica potência alguma, visto a intensidade i_2 estar em quadratura com a tensão composta U_1. O watímetro W_1 indica a potência eficaz total que o sistema transporta, equivalente a metade da potência máxima para um factor de potência igual à unidade. Em relação a cada uma das fases, as indicações dos dois watímetros continuam a não ter significação, porque cada fase continua a transportar uma determinada potência que qualquer dos watímetros não regista individualmente.

Vejamos agora, para complemento da discussão desta fórmula, o caso particular de $\varphi = 90^\circ$, isto é, das intensidades de corrente de cada fase estarem em quadratura com as tensões estreladas.

Teríamos então que

$$P = U_2 I_1 \cos (30 - 90) + U_1 I_2 \cos (30 + 90) = \\ = U_2 I_1 \cos 60^\circ + U_1 I_2 \cos 120^\circ = \\ = U_2 I \cos 60^\circ - U_1 I_2 \cos 60^\circ = 0 .$$

Os dois watímetros marcam potências iguais em valor absoluto, mas o valor relativo de uma delas tem de ser tomado com o sinal contrário e, assim, a sua soma é nula. As indicações de cada watímetro continuam a não ter significado em relação à potência eficaz, transportada pelo sistema, visto aquela ser nula. Não há potência activa.

Em todos os outros casos as indicações isoladas de cada watímetro não têm igualmente significado em relação à potência transportada por cada fase ou no conjunto, como já dissemos, e só a sua soma algébrica é que representa a potência activa do sistema.

Vejamos agora o que se passa nos contadores, que são baseados neste método de medida. Evidentemente, estes apenas dão indicações por meio do seu totalizador que recebe movimento que lhe é transmitido pela acção mecânica dos órgãos de rotação, se se trata de contadores de disco rotativo. Os grupos watimétricos são constituídos por bobinas de tensão e bobinas de intensidade, montadas em núcleos de ferro, formando verdadeiros electro-imans.

Nos watímetros o desvio da equipagem móvel é provocada pela a acção electro-dinâmica das duas correntes que percorrem os dois circuitos, o de tensão, onde está intercalada a equipagem móvel que é percorrida por uma corrente proporcional à diferença de potencial aos terminais do circuito e o de intensidade que forma o campo dentro do qual se move a equipagem do watímetro, e que fica ligado em série com a fase e é percorrida pela corrente total desta, se a ligação é directa.

O desvio é dado pela expressão

$$\alpha = k \frac{1}{T} \int_0^T i\, i'\, dt$$

Nos contadores de energia eléctrica as acções electro-magnéticas são mais complicadas, visto

o binário, que provoca a deslocação do órgão giratório, ser resultante da acção dos campos do electro-iman de tensão e do electro-iman de corrente, e nos electro-imans de tensão ser condição essencial que as correntes, que nêles circulam, estejam em quadratura com as tensões aos seus terminais, enquanto nos watímetros a corrente nos circuitos deve estar em fase com a tensão para o que se usam dispositivos apropriados.

O órgão giratório nos contadores transmite a cada momento ao totalizador o somatório da potência total que passa no sistema e para a mesma carga, conforme o respectivo factor de potência, assim as indicações são proporcionais à potência activa do circuito. Se o factor de potência é nulo, o órgão giratório do contador pára e não transmite ao totalizador indicação alguma, o que não sucede com os watímetros neste método.

Vectorialmente, o diagrama das correntes, que passam nas respectivas bobinas, é o que se acha representado na fig. 21, tomando por base o diagrama representado na fig. 20.

Na fig. 21 verificamos que as correntes i_1' e i_2' são as que percorrem as bobinas de tensão e que estão submetidas respectivamente às tensões U_1 e U_2 e estão decaladas sôbre estas de 90° o que equivale a dizer que estão

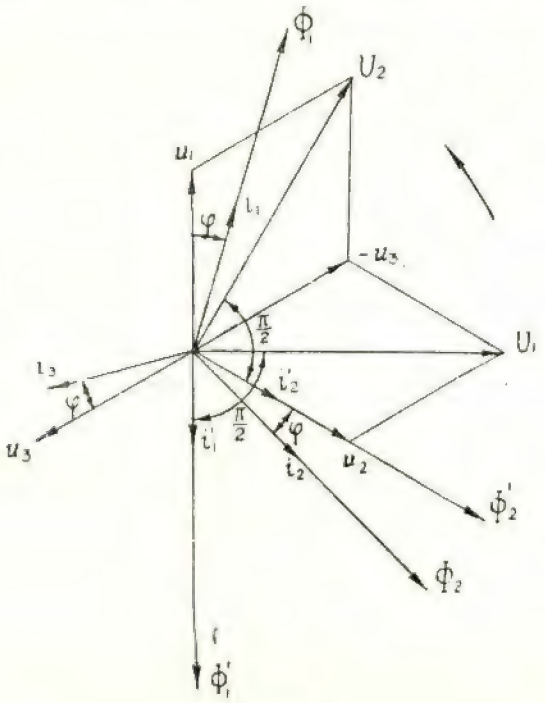


Fig. 21

decaladas de 60° das tensões u_2 e u_1. Como os fluxos estão em fase com as correntes respectivas tem-se que os fluxos emitidos pelas bobinas de tensão são representadas pelos valores Φ_1' e Φ_2' e os fluxos produzidos pelas bobinas de intensidade são representados pelos valores Φ_1 e Φ_2. Como o binário, que produz o deslocamento do disco, é devido às resultantes das acções dos campos, originados por cada grupo watimétrico, vemos, analisando a fig. 21, que, quando $\varphi = 0$, os fluxos Φ_1 e Φ_2 estão em fase com as tensões estreladas das fases u_1 e u_2. Sendo as tensões constantes, a velocidade do disco é proporcional à variação dos campos das correntes que circulam nas bobinas de corrente.

Para $\varphi = 0$ os fluxos, devidos aos campos das bobinas de tensão e intensidade, estão decalados entre si de 60°. A acção dos dois grupos é igual e se trabalharmos no regime de plena carga e cargas perfeitamente equilibradas, a velocidade do rotor é máxima. A acção dos dois campos resultantes soma-se.

Supunhamos que o ângulo de decalagem φ aumenta e que se torna igual a 30°, o que equivale a ter

$$\cos\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

O grupo watimétrico, que fornece os fluxos Φ_1 e Φ'_2, tem estes decalados de 90°, isto é, estão em quadratura. A sua acção é máxima. Mas, o grupo watimétrico, que fornece os fluxos Φ'_1 e Φ_2, tem estes decalados apenas de 30°, e a sua acção está reduzida na proporção da respectiva resultante. A acção dos dois grupos ainda se soma nêste caso.

Se, porém, $\varphi = 60°$, o que equivale a ter

$$\cos\varphi = \frac{1}{2}$$

i_2 está decalado em relação a U_1 de 90°, os fluxos Φ_2 e Φ'_1 estão em fase e a sua acção sôbre o rotor do contador é nula. Por sua vez i_1 fará um ângulo de 30° com a tensão composta U_2 e o fluxo Φ_1 fará um ângulo de 60° com Φ'_2. Será a resultante dêstes dois fluxos que produzirá o binário que actuará no respectivo rotor cuja velocidade será metade da que o rotor tem quando $\varphi = 0$.

Se $\varphi = 90^o$, isto é, se estiverem em quadratura com as respectivas tensões estreladas as correntes i_1 e i_2, estará i_1 em fase com U_1 e Φ_1 fará com Φ'_2 um ângulo de 30°; i_2 estará em fase com U_2 e Φ_2 fará um ângulo de 30° com Φ'_1. Como a resultante dêstes dois últimos fluxos mudou de sentido criará um binário igual ao da resultante dos fluxos Φ_1 e Φ'_2, mas de sinal contrário e a resultante sôbre o rotor será nula e êste não girará. O contador ficará parado.

Como acabamos de demonstrar, as acções que se passam nos contadores são diferentes daquelas que se passam nos watímetros, no que respeita às respectivas indicações, isto devido aos fins que cada um dos aparelhos tem em vista.

Vejamos o segundo grupo de equações que representam um método de medida distinto.

Êste grupo é representado pelas seguintes equações

$$2P = (U_2 - U_1)\, i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$
$$2P = (U_1 - U_3)\, i_2 + U_2\,(i_3 - i_1)$$
$$2P = (U_3 - U_2)\, i_1 + U_1\,(i_2 - i_3)$$

As tensões compostas são representadas pelas expressões:

$$U_1 = u_2 - u_3$$
$$U_2 = u_3 - u_1$$
$$U_3 = u_1 - u_2$$

Tomando, por exemplo, a primeira expressão:

$$2P = (U_2 - U_1)\, i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

vectorialmente, será representada pelos diagramas das figs. 22 e 26.

A diferença das tensões compostas $(U_2 - U_1)$ será representada pelo vector $\left(\overrightarrow{U_2 - U_1}\right)$ mas, pràticamente, esta diferença de tensões não é realizável. Vamos ver, pois, como é possível realizar na prática êste método de medida de corrente alternada em sistemas trifásicos. Em geral, êste método só é utilizável em métodos de medida de energia, isto é, em contadores de energia eléctrica ou então em watímetros de indução, tipo industrial, em que o binário antagonista do rotor é obtido por meio de espirais metálicas.

Examinemos, pois, a fórmula:

$$2P = (U_2 - U_1)\, i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

Na fig. 22 verificamos que

$$U_2 - U_1 = U_2\sqrt{3}$$

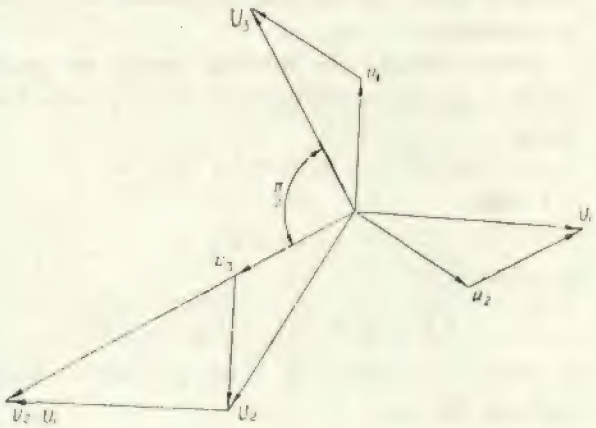


Fig. 22

Logo, substituindo na respectiva equação, vem:

$$2P = (U_2 - U_1)i_3 + U_3(i_1 - i_2) = \sqrt{3}\, U_2 i_3 + U_3(i_1 - i_2)$$

Verifica-se que nos terminais de cada grupo deverá haver a tensão composta U_2 e U_3.

A esta fórmula corresponderá, portanto, a seguinte montagem, representada na fig. 23.

Neste caso

$$U_2 = u_3 - u_1$$

e

$$U_3 = u_1 - u_2$$

Mas, a fórmula ainda se pode apresentar sob outra maneira.

Como sabemos

$$2P = \sqrt{3}\, U_2 i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

mas,

$$U_2 = u_3\sqrt{3}$$

Substituindo na equação vem,

$$2P = 3\, u_3 i_3 + U_3\,(i_1 - i_2).$$

u_3 está em quadratura com U_3 e, para realizar a montagem correspondente a esta fórmula, toma-se uma derivação do centro da bo-

bina, que está montada entre as fases u_1 e u_2 e que vai em seguida ligar à bobina que fica assim montada em derivação sôbre a fase u_3. O seguinte esquema, fig. 24, elucida melhor a maneira como se consegue realizar um tal contador.

Recorre-se, como se vê, à condição de se obter um ponto neutro artificial O' que é escolhido a meio da bobina de tensão do grupo watimétrico W_2, fig. 24.

Dêste método de medida ainda se pode obter uma outra variante fornecida pela fórmula

$$2\,P = 3\,u_3\,i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

Como

$$U_3 = u_1\sqrt{3}$$

teremos

$$2\,P = 3\,u_3\,i_3 + u_1\sqrt{3}\,(i_1 - i_2)$$

e, então, o esquema da montagem será o indicado na fig. 25.

Em cada grupo watimétrico a tensão aos bornes das bobines em derivação está sujeita apenas à tensão estrelada, sendo apenas criado um ponto neutro O' fora do sistema e realizado por uma resistência adicional R.

Falta-nos agora ver a interpretação vectorial e outros pormenores importantes para tornar prática a construção dos aparelhos que aplicam êste método de medida.

Comecemos pelo esquema da montagem, representado na fig. 23, a que corresponde a fórmula

$$2\,P = (U_2 - U_1)\,i_3 + U_3\,(i - i_2) =$$

$$= \sqrt{3}\,U_2\,i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

Já vimos o diagrama das respectivas tensões, que se acha realizado na fig. 22. Mas, para podermos avaliar da posição das diferentes correntes e dos fluxos respectivos que actuam no rotor, vamos completar o referido diagrama. Examinando a fig. 23, vemos que um dos grupos watimétricos devia ter uma tensão teórica $U_2 - U_1$ decalada de 90° da tensão U_3 do outro grupo. Já vimos, com respeito à tensão, como é ladeada a dificuldade. Mas, como é indispensável que se mantenha a referida quadratura, torna-se necessário provocar uma dissimetria dos fluxos gerados pelas bobinas dos respectivos electro-imans de tensão.

Antes, porém, vejamos qual a posição das respectivas correntes, que circulam nos electro-imans de tensão e de série. A fig. 26 indica-nos essa posição, supondo que o ângulo de decalagem é nulo, isto é, que $\varphi = 0$.

Sendo assim, as correntes i_1, i_2, i_3, que circulam nas fases que têm as tensões estreladas u_1, u_2 e u_3, estão em fase com estas.

Já sabemos que as correntes, que circulam nas bobinas de tensão, têm de estar em quadratura com as respectivas tensões, e que, para que se dê a proporcionalidade do binário motor, que provoca o deslocamento do rotor, deve obedecer à conhecida relação de

$$\operatorname{sen}\psi = \cos\varphi$$

isto é, os dois fluxos, produzidos pelos electro-imans de tensão e série, devem estar em quadratura, quando o ângulo de decalagem fôr nulo. Mas, no grupo watimétrico W_1, que está submetido á tensão composta U_2, fig. 23, as coisas passam-se um pouco duma forma diferente.

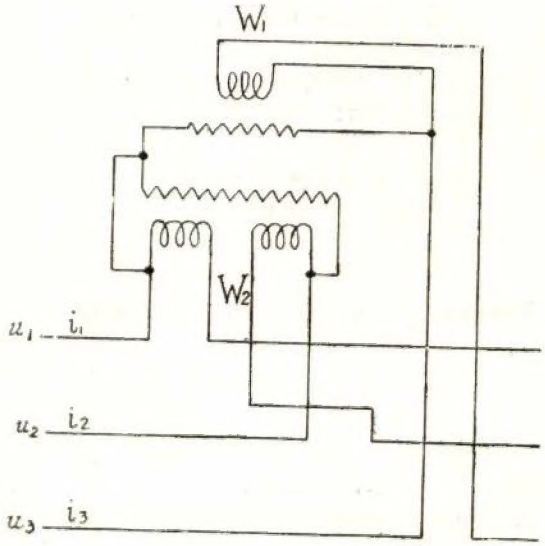


Fig. 23

Se supuzermos que a corrente, que passa na bobina de tensão, está em quadratura com a tensão nos terminais da bobina, a corrente i''_2 fará um ângulo de 90° com U_2 e o fluxo devido a essa corrente estará em fase Φ''_2 com a respectiva corrente. Ora, a corrente que percorre as bobinas de intensidade, para $\varphi = 0$, está em fase com a tensão estrelada u_3, assim como o

respectivo fluxo Φ_3, fazendo com U_2 um ângulo de 30° e com Φ''_2 um ângulo de 60°. Como se vê, a condição enunciada não se realiza. Logo, torna-se necessário criar uma dissemetria na posição dos fluxos e, assim, para que a condição da igualdade do senψ e cosφ se verifique é necessário que Φ''_2 tome uma posição tal que, quando $\varphi = 0$, tenhamos sen$\psi = 90°$. Isto só se consegue desde que Φ''_2 faça um ângulo de 90° com Φ_3 e, então, será necessário decalar a corrente, que circula na bobina de tensão, de um ângulo de 120° em relação a U_2 e de modo a ficar em quadratura com a tensão estrelada u_3. Nestas condições Φ''_2 irá ocupar a posição Φ'_2, ficando em fase com U_3 e a corrente i''_2 virá ocupar a posição de i'_2. Verifica-se fàcilmente que, logo que $\varphi = 90°$, os dois fluxos Φ_3 e Φ'_2 estão em fase e a acção da sua resultante será nula sôbre o rotor. Nesta altura será $\psi = 0$.

Como a corrente i''_2, que circula na bobina de tensão do grupo W_1, é função da tensão entre fases, o fluxo desta bobina é calculado

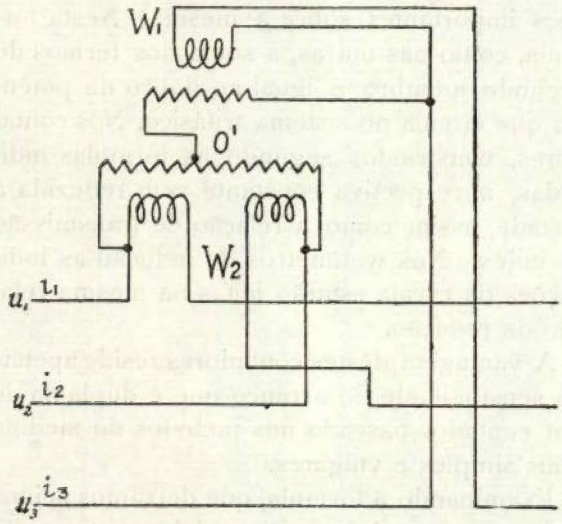


Fig. 24

em função do Ni''_2, sendo o fluxo, criado no electro-iman de corrente, não em função de i_3, mas sim de $i_3\sqrt{3}$, vindo, portanto, o número de espiras da bobina dêste electro-iman aumentando de $\sqrt{3}$.

Vejamos agora o que se passa com o grupo W_2.

A bobina da tensão dêste grupo está montada entre as fases u_1 e u_2, a tensão aos seus terminais é igual à tensão composta U_3. A corrente i_1', que circula nesta bobina está decalada de 90° sôbre a tensão U_3, o fluxo Φ'_1 está em fase com i'_1, e, portanto, terá a mesma decalagem que i_1' tem em relação a U_3. A corrente $(i_1 - i_2)$ estará em fase com U_3 quando $\varphi = 0$. O fluxo $\Phi_{1.2}$, devido a esta corrente composta, estará, nessas condições, em fase com U_3 e decalada de 90° sôbre Φ_1'. Quando $\Phi_{1.2}$ estiver em fase com Φ_1' a resultante da acção dos fluxos será nula sôbre o rotor e, portanto, o seu binário será igualmente nulo e o rotor não girará. A velocidade do rotor fica, portanto, sempre proporcional à soma dos dois fluxos Φ_3 e $\Phi_{1.2}$, devidos às correntes i_3 e $(i_1 - i_2)$. Quando φ fôr de 90° o rotor não girará, se se tratar de um contador, e se se tratar de um watímetro de indução, a agulha estará no zero.

Analisemos agora os casos das variantes representadas pelas fórmulas:

$$2P = 3\,u_3\,i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

$$2P = 3\,u_3\,i_3 + u_1\sqrt{3}\,(i_1 - i_2)$$

1.º Caso, representado pela fórmula:

$$2P = 3\,u_3\,i_3 + U_3\,(i_1 - i_2)$$

Êste caso difere do anterior em que a tensão aos terminais do grupo W_1, em lugar de ser igual à tensão composta, é igual à tensão da fase estrelada u_3. A posição dos fluxos é a mesma que está indicada na fig. 26, não se tendo agora em atenção a tensão composta U_2. Simplesmente o fluxo devido à corrente i_3, que circula nas bobinas séries, será aumentado na relação de três e, portanto, será o número de espiras aumentado do mesmo número em lugar de $\sqrt{3}$, como vimos, quando estudámos a primeira fórmula. No resto, as acções são as mesmas e, a não ser êste caso, nada há a acrescentar ao que fica dito.

2.º Caso, representado pela fórmula:

$$2P = 3\,u_3\,i_3 + u_1\sqrt{3}\,(i_1 - i_2)$$

O exame desta fórmula permite-nos verificar que o primeiro termo que corresponde

ao grupo W_1 está nas condições do caso anterior e, portanto, nada apresenta de interessante. O mesmo se não pode dizer do segundo termo que corresponde ao grupo W_2.

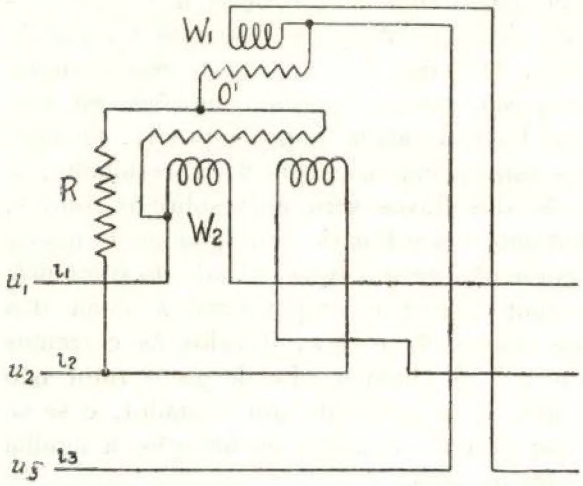


Fig. 25

No caso das duas fórmulas anteriores a tensão a que estava submetida a bobina de derivação era a tensão composta U_3. Mas, neste caso a tensão passou a ser a da fase,

$$u_1 = \frac{U_3}{\sqrt{3}},$$

isto é, inferior a U_3 na proporção de $\sqrt{3}$. Nestas condições, o fluxo $\Phi_{1.2}$ devido à corrente composta $(i_1 - i_2)$, deverá ser aumentado na proporção de $\sqrt{3}$, isto é, o número de espiras de cada núcleo será aumentado na proporção indicada, estando o fluxo $\Phi_{1.2}$ em fase com $(i_1 - i_2)$. Quanto à bobina de tensão o fluxo, devido à corrente que circula na mesma bobina, em lugar de estar em quadratura com a tensão aos terminais, o que faria com que ela estivesse em fase com U_1 e, portanto, decalada de 120° sôbre $(i_1 - i_2)$, não se encontra nesta posição porque, nestas circunstâncias, a condição fundamental para os fluxos de

$$\operatorname{sen}\psi = \cos\varphi$$

não poderia ser satisfeita, e, quando $\varphi = 90°$, o rotor estaria ainda submetido a um certo binário e o seu movimento não estaria de acôrdo com o que se passava na respectiva rêde onde, nessa hipótese, a potência activa seria nula.

Nestas circunstâncias, torna-se necessário provocar uma dissimetria no respectivo fluxo de forma a satisfazer a condição acima enunciada e, para isso, faz-se com que a corrente da bobina de tensão esteja decalada de 60° sôbre a respectiva tensão estrelada u_1, visto que a corrente composta $(i_1 - i_2)$ está avançada sôbre esta de 30°. Os fluxos resultantes ficam assim decalados entre si de 90°, quando $\varphi = 0$.

O fluxo Φ'_1 ficará na posição em que se encontrava no caso da primeira fórmula. Como o fluxo Φ'_1, devido à corrente i'_1 diminuiu em virtude de ter diminuído a tensão aos terminais da bobina respectiva, o fluxo $\Phi_{1.2}$, devido à corrente $(i_1 - i_2)$, tem de ser aumentado na proporção do respectivo factor numérico $\sqrt{3}$, aumentando-se em cada núcleo o número de espiras na proporção indicada.

A fórmula

$$2P = 3u_3 i_3 + U_3 (i_1 - i_2)$$

ainda nos permite fazer algumas considerações importantes sôbre a mesma. Nesta fórmula, como nas outras, a soma dos termos do segundo membro é igual ao dôbro da potência que circula no sistema trifásico. Nos contadores, construídos segundo as fórmulas indicadas, a respectiva constante vem reduzida a metade, assim como a relação de transmissão ao index. Nos watímetros de indução as indicações da escala estarão feitas na mesma relação da redução.

A vantagem dêstes contadores reside apenas na sensibilidade do arranco que é dupla da de um contador baseado nos métodos de medida mais simples e vulgares.

Examinando a fórmula, que deixamos acima, vê-se que, se o sistema fôr perfeitamente equilibrado, teremos

$$P = 3u_3 i_3 = U_3 (i_1 - i_2)$$

Quere dizer que ainda podemos obter dois novos métodos de medida: um baseado na expressão $3u_3 i_3$, que adiante será estudado mais desenvolvidamente, e outro baseado na expressão.

$$P = U_3 (i_1 - i_2)$$

E, então, o esquema da montagem de um tal aparelho será o que se acha representado na figura 27 e o seu diagrama vectorial, representado na figura 28, é, nada mais nada menos, que a reprodução duma parte do gráfico, representado na fig. 26.

Examinando a figura 27, vê-se que um tal contador participa simultâneamente do sistema em estrêla e em triângulo.

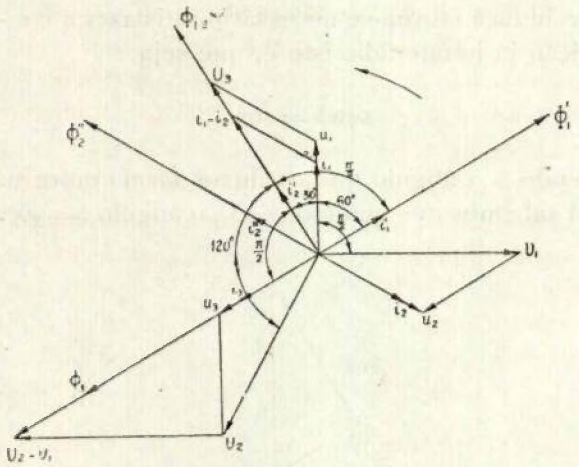


Fig. 26

A tensão aos terminais da bobina de derivação é a tensão composta U_3, isto é, $(u_1 - u_2)$ e a corrente, que origina o binário do movimento do rotor, é a intensidade composta $(i_1 - i_2)$. Tanto a tensão U_3 como a corrente $(i_1 - i_2)$ estão decaladas de 30° sôbre u_3 e i_1 quando $\varphi = 0$. Nestas condições os fluxos $\Phi_{1.2}$ e Φ'_1, o primeiro devido ao electro-iman

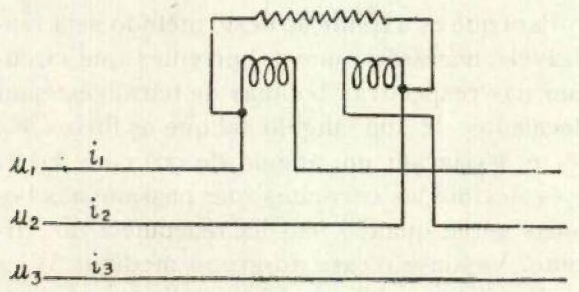


Fig. 27

série e o segundo devido ao electro-iman de tensão, estão decalados de 90°, por que a corrente i'_1, que circula na bobina de tensão, está decalada de 90° sôbre a tensão U_3 e o fluxo Φ'_1 devido a essa corrente, está em fase com ela.

Se supuzermos que as correntes das três fases estreladas se decalaram de um ângulo $\varphi \neq 0$, a fig. 29 mostra que $(i_1 - i_2)$ se decala

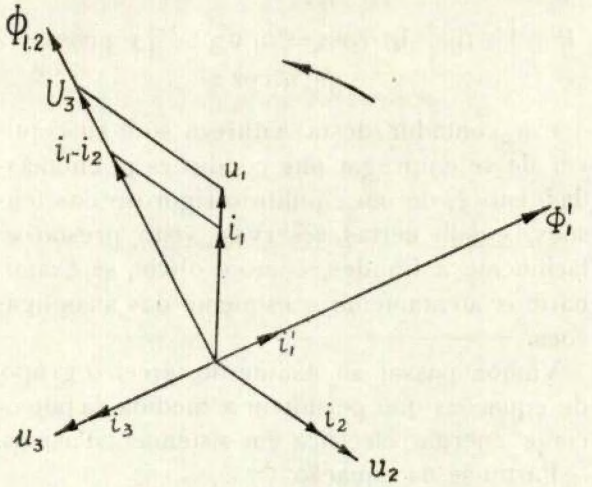


Fig. 28

do mesmo ângulo sôbre U_3 e assim, tendo nós que

$$P = U_3 (i_1 - i_2) \quad \text{para} \quad \varphi = 0$$

será

$$P_1 = U_3 (i_1 - i_2) \cos\varphi \quad \text{para} \quad \varphi \neq 0$$

É fácil de demonstrar que esta expressão representa a potência de um sistema estrelado, porquanto, sendo

$$U_3 = u_1 \sqrt{3} = u_2 \sqrt{3}$$

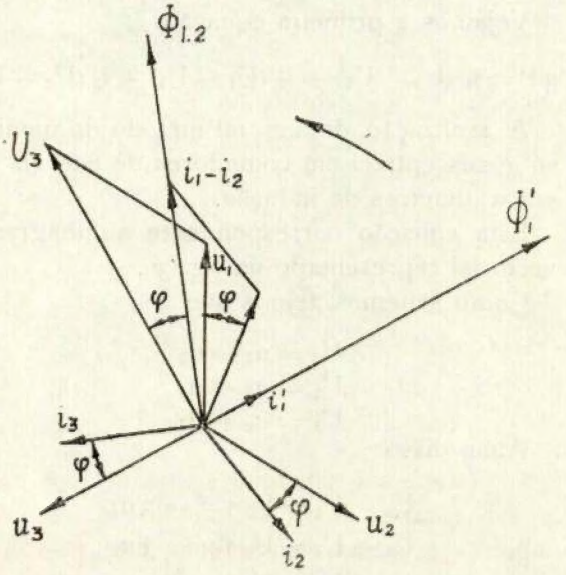


Fig. 29